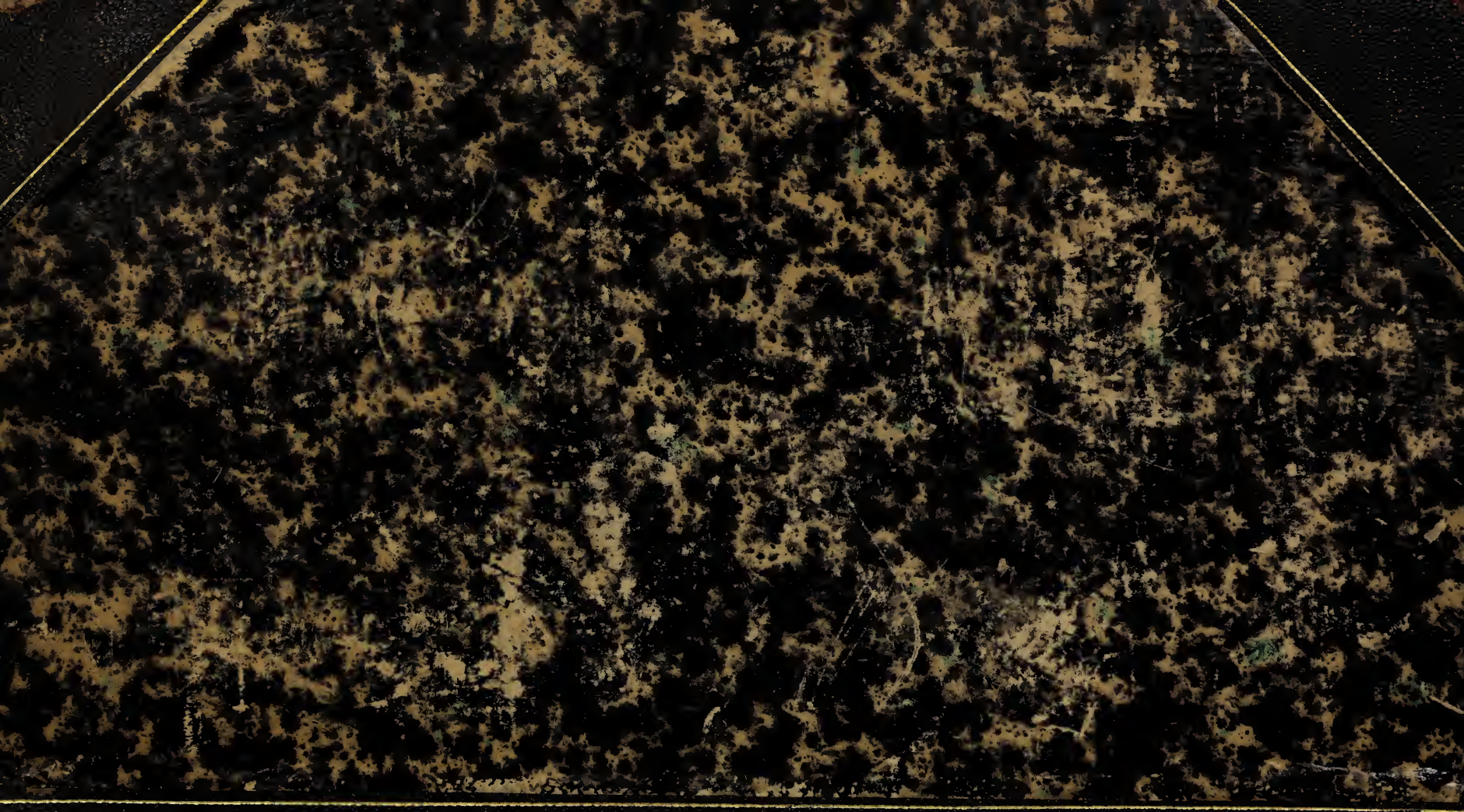


No. A. S. 1782.

DEPARTMENT OF

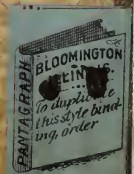
631 .... L23 .....

LIBRARY OF THE

Agricultural Experiment Station,

UNIVERSITY OF ILLINOIS.

Books are not to be taken from the Library Room.



Digitized by the Internet Archive
in 2017 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign Alternates

https://archive.org/details/untersuchungenau00maer

Untersuchungen

auf dem Gebiete der

Agriculturchemie und Spiritusfabrikation

ausgeführt an der

Landwirthschaftlichen Versuchs-Station zu Halle a. S.

in den Jahren 1874—1876.

AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION. NOV - 1889 UNIVERSITY OF ILLINOIS.

Herausgegeben

von

Dr. phil. **Max Maercker,**

Vorsteher der Versuchs-Station, a. o. Professor an der Universität Halle a. S.

Mit 2 in den Text gedruckten Holzschnitten und 8 lithographischen Tafeln.

Supplementheft der Landw. Jahrbücher 1877.

Berlin.

Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey.

Verlagsbuchhandlung für Landwirthschaft, Gartenbau und Forstwesen.

1877.

Inhalt.

Seite

Untersuchungen über die Diffusion von Kohlensäure durch poröse Scheidewände. Ein Beitrag zur Frage der Durchdringbarkeit der Baumaterialien für Gasarten, unter Mitwirkung von E. Berthold, ausgeführt von **Max Maercker** 1

Eine abgekürzte Methode der Rohfaserbestimmung. Von Dr. **F. Holdefleiß**. Mit Abbildung 103

Ueber die Werthbestimmung der Kartoffeln. Von Dr. **F. Holdefleiß**. Nebst einer Tafel 107

Ueber die Umsetzungen der Phosphorsäure mineralischer Phosphorite und das Verhalten stickstoffhaltiger Verbindungen in humosen Medien. Von Dr. **F. Holdefleiß** . . 159

Chemische Untersuchungen auf dem Gebiete der Spiritusfabrikation. Unter Mitwirkung von M. Delbrück ausgeführt von **Max Maercker** Hierzu 6 Tafeln 217

Untersuchungen über Moorcultur.

I. Das Verhalten der Moorsubstanz gegen den Stickstoff und Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Von Dr. **A. Pagel**. Hierzu eine Zeichnung der Absorptionsapparate 351

II. Ueber Reductionsvorgänge in der Moorsubstanz. Von Dr. **A. Pagel** . . 370

III. Ueber die Umsetzung der Stickstoffverbindungen der Moorsubstanz durch die Rimpau'sche Dammcultur-Methode. Von **W. Thilo Oßwald** 377

IV. Ueber die Bildung freier Schwefelsäure und löslicher Eisenoxydul-Verbindungen in der Moorsubstanz. Von **W. Thilo Oßwald** 391

I. Untersuchungen über die Diffusion von Kohlensäure durch poröse Scheidewände.

Ein Beitrag zur Frage der Durchdringbarkeit der Baumaterialien für Gasarten, unter Mitwirkung von E. Berthold,

ausgeführt von

Max Maercker.

Die von M. von Pettenkofer zuerst angeregte Frage der Durchdringbarkeit der Baumaterialien für Gasarten steht in so inniger Beziehung zur Frage des Luftwechsels in Wohngebäuden, daß die letztere nur durch eine sorgfältige, experimentelle Behandlung der ersteren gelöst werden kann. Wenn es der Verfasser unternahm, an der Lösung dieser Fragen mitzuarbeiten, so war sein hauptsächlichstes Bestreben, eine Reihe von Gesichtspunkten, welche sich ihm bei früheren — nur einen einleitenden Werth beanspruchenden — Untersuchungen eröffnet hatten, weiter zu verfolgen.

Die Aufgabe war eine schwere und umfassende, da der Verlauf der Untersuchung zeigte, daß man es hier mit außerordentlich komplizirten Verhältnissen zu thun hatte — es galt zunächst die Schwierigkeiten einer eigenartigen Methode der Untersuchung zu überwinden und die fundamentalen Gesetzmäßigkeiten der noch so wenig erforschten Gasdiffusion durch poröse Scheidewände festzustellen.

Die nachstehende Arbeit theilt sich daher, nach Darlegung der analytischen Methoden, in einem rein theoretischen,

die Gasdiffusion durch poröse Medien,

und einem angewandten,

die Durchdringbarkeit der verschiedensten Baumaterialien für Gasarten

behandelnden Theil.

An Literatur über den vorliegenden Gegenstand ist zu nennen:

M. von Pettenkofer. Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden. Abhandlung der naturwissenschaftlichen Kommission d. Königl. Bayer. Akad. d. Wissen-

A. P. 1782

schaften. München 1858. Derselbe. Ueber die Beziehung des Luftwechsels zu Wohnung, Kleidung und Boden. 3 Vorträge. 1872. Schürmann. Ueber die natürliche Ventilation und den Einfluß der Baumaterialien auf dieselbe. III. Jahresber. d. Centralstelle f. Gesundheitspflege zu Dresden. 1874. Lang. Ueber die Porosität einiger Baumaterialien. Zeitschrift f. Biologie. 1875, XI. Schultze und Maercker. Ueber den Kohlensäuregehalt der Stallluft und den Luftwechsel in Stallgebäuden. Journ. f. Landwirthschaft. Jahrgang 17. S. 224. 1869. Maercker. Versuche über die Porosität einiger Baumaterialien, sowie über den künstlichen und natürlichen Luftwechsel in Stallgebäuden. Journ. für Landwirthschaft. Jahrgang 18. S. 402. 1870.

Methoden der Untersuchung.

Zur Prüfung der Durchdringbarkeit der Baumaterialien für Gasarten wurde bei allen Versuchen die Diffusion von Kohlensäure gegen atmosphärische Luft gewählt, einerseits weil die Kohlensäure die am Leichtesten rein darzustellende und am Genauesten zu bestimmende Gasart ist, andererseits aber auch weil in den Wohnräumen in der That nur diese Gasart in Frage kommen kann.

Die Methoden der Anwendung der Diffusion haben jedoch im Laufe der Untersuchung mannigfache Veränderungen erfahren; die Beschreibung derselben folgt im Nachstehenden eingehend, sowohl im Interesse der vorliegenden Arbeit, wie auch aus weitergehenden Gründen. Die zur Verwendung gekommenen Apparate und Methoden eignen sich nämlich sehr wohl zu Untersuchungen über die Diffusion von Gasarten im Allgemeinen; die im Laufe der vorliegenden Arbeit gemachten Erfahrungen können daher vielleicht auch in einer über die ursprünglichen Zwecke hinausgehenden Weise Verwendung finden.

Die vorbereitenden Untersuchungen wurden bereits im Sommer 1870 in Weende ausgeführt, der Uebergang des Berichterstatters in eine andere Stellung verhinderte jedoch die unmittelbare Fortsetzung derselben, so daß die eigentlichen Arbeiten erst im Winter 1875/76 abgeschlossen werden konnten.

I. Apparate und Methoden der einleitenden Versuche.

Als Gefäße zur Aufnahme der Kohlensäure resp. der an Kohlensäure angereicherten Luft wurden kugelförmige, etwa 2 Liter fassende starke Glasgefäße gewählt, wie dieselben in neuerer Zeit für die zum Einsenken und Herausnehmen der Plattenpaare bestimmten galvanischen Elemente vielfach gebräuchlich sind. Der längere Hals dieser Gefäße wurde abgesprengt und das stehen gebliebene möglichst kurze Stück mit einer 1 Cm. starken Messingfassung versehen. Letztere war oben genau abgeschliffen und wurde mit einem zur Dichtung bestimmten Gummiring von genau entsprechender Größe bedeckt. Auf den Gummiring legte man alsdann Cylinder, aus den betreffenden Materialien gefertigt, auf und verkittete dieselben, während sie durch Aufstellen eines starken Gewichtes (10 Kilo) auf die Gummiplatte gepreßt wurden, an ihren Seiten mit der Messingfassung.

Als Kitt diente zu diesem Zwecke Kolophonium, dessen Sprödigkeit durch einen geringen Wachszusatz gemildert wurde; um das Eindringen der warm aufgetragenen Kittmasse in den porösen Stein zu verhindern, beklebte man die Seiten desselben mit feinem Briefpapier. Die aus den Baumaterialien gefertigten cylindrischen Platten besaßen bei den meisten Versuchen eine Höhe von genau 1 Centimeter, jedoch kamen zu bestimmten Zwecken auch Cylinder von größerer Höhe zur Verwendung. Der Durchmesser der Cylinder betrug 9·6 Centimeter, die Grundfläche also

$$r^2\pi = 4{\cdot}8^2 \times 3{\cdot}142 = 72{\cdot}38 \text{ □Centimeter.}$$

Die cylindrischen Platten besaßen eine Durchbohrung von 1 Centimeter Durchmesser, welche dazu diente, um sowohl das Rohr des Kohlensäure-Entwickelungsapparates vor dem Versuche einführen zu können, wie auch, um nach Beendigung der Diffusion die zur Absorption der in dem Diffuseur zurückbleibenden Kohlensäure bestimmte Flüssigkeit (Barytwasser) einfließen zu lassen.

Die Einrichtung des Apparates ist ersichtlich aus Taf. I., Fig. I.

Wenn mit reiner Kohlensäure operirt werden sollte, wurde das Gasentwicklungsrohr des Kohlensäure-Apparates einfach durch die Oeffnung o der Platte geführt, und sodann ein heftiger Strom von Kohlensäure durch den Diffuseur so lange geleitet, bis man der Verdrängung aller Spuren von Luft sicher sein konnte. Alsdann zog man dasselbe, während die lebhafte Entwickelung im Gange blieb, heraus, verschloß die Oeffnung der Platte durch einen genau schließenden Gummipfropfen und überließ den so gefüllten Apparat eine bestimmte Zeit zum Austausch der Kohlensäure gegen die Atmosphäre sich selbst.

Nach Beendigung der Diffusion lüftete man den Gummipfropfen der Platte ebensoviel, um aus einer eingeführten Meß-Pipette Barytwasser von einer bestimmten Konzentration einfließen zu lassen*), verschloß die Oeffnung der Platte und zog endlich über den ganzen oberen Theil des Apparates eine starke Gummikappe. Nach Beendigung der Absorption der in dem Diffuseur zurückgebliebenen Kohlensäure entfernte man die Gummikappe, löste durch einen schnellen Schnitt mit einer heißen Messerklinge die aufgekittete Platte und brachte das Barytwasser zum Absetzen des kohlensauren Baryums in Glascylinder mit Gummiverschluß. Die Untersuchung erfolgte endlich in der über dem Niederschlage stehenden, klaren Flüssigkeit, unter Berücksichtigung aller von Pettenkofer für diese Methode angegebenen Vorsichtsmaßregeln.

Komplizirter wurde das Verfahren, wenn es sich darum handelte, den Diffuseur nicht mit reiner Kohlensäure, sondern mit Luft von einem bestimmten Kohlensäuregehalt zu füllen, wie dies, beiläufig bemerkt, bei der Mehrzahl der einleitenden Versuche geschehen ist.

Es mußten alsdann Modifikationen angebracht werden, die aus der Abbildung Fig. II. zu ersehen sind (s. Taf. I., Fig. II.).

*) Bei der Berechnung mußte von dem Raume des Diffuseurs derjenige der eingeflossenen Flüssigkeit in Abzug gebracht werden.

Um ein größeres Volumen von Luft mit einem bestimmten Kohlensäuregehalt aufzunehmen, diente der 60—70 Liter fassende Ballon B; derselbe war mit einer Theilung versehen, an der das Volumen der zur Verdrängung der kohlensäurehaltigen Luft einfließenden Flüssigkeit abgelesen werden konnte.

Bei Beginn des Versuches wurde zunächst der Ballon B mit einer konzentrirten Kochsalzlösung gefüllt, wie dieses übrigens bereits das Ende des vorhergehenden Versuches mit sich brachte. Sodann wurde eine mit Ab- und Zuleitungsrohr versehene Glasflasche von entsprechender Größe mit reiner Kohlensäure gefüllt, mit dem Rohr 2 des Ballons B verbunden und nun aus dem Rohre 3, welches einen Heber bildete, der Inhalt des Ballons ausfließen gelassen. Auf diese Weise wurde die Kohlensäure der Flasche in den Ballon gesogen und in demselben, je nachdem man größere, kleinere oder gar mehrere Flaschen vorlegte, ein höherer oder niedrigerer Kohlensäuregehalt hergestellt.

Dieses Gasgemisch diente zum Füllen der Diffuseure, indem man aus dem höher stehenden Reservoir A durch das Rohr 1 Kochsalzlösung in den Ballon B einfließen ließ und nun die ausströmende, kohlensäurehaltige Luft bei 2 zur Verfügung hatte. Kochsalzlösung wählte man zur Verdrängung aus dem Grunde, weil dieselbe geringere Mengen von Kohlensäure löst, als reines Wasser. Uebrigens würde eine hinreichende Genauigkeit auch mit reinem Wasser erreicht worden sein, denn die Absorption der Kohlensäure namentlich, wenn die Verdrängungsflüssigkeit bereits einige Zeit zu den Versuchszwecken gedient hat, ist eine verhältnißmäßig langsame. Aus dem Rohre 2 gelangte die Kohlensäure zunächst in den Trockenapparat C, mit Bimmstein und Schwefelsäure gefüllte U-Röhren, und alsdann in die Vorlage D. Letztere wurde bei der Füllung jedes Diffuseurs eingeschaltet, um eine Probe von der genauen Zusammensetzung jener Luft zu sammeln, mit welcher bei Beginn des Versuches der Diffuseur E gefüllt wurde; die Vorlagen waren deshalb genau ausgemessen und es mußten dieselben von der Gesammtmenge des zum Verdrängen der Diffuseur-Luft bestimmten Gasgemischs durchströmt werden. Die Untersuchung geschah hier auch nach Pettenkofer's Vorschrift. Auf die beschriebene Weise gelang es vollkommen, eine Probe von der Zusammensetzung des Gasgemischs im Diffuseur bei jedem Versuche zu erhalten.

Die weiteren Operationen erfolgten nun ebenso, wie oben für reine Kohlensäure beschrieben ist.

Bevor das im Vorstehenden beschriebene Verfahren angenommen werden konnte, mußten verschiedene Einwürfe, welche gegen die Zuverlässigkeit derselben möglich waren, widerlegt werden.

I. Kann man auf eine gleichmäßige Zusammensetzung der Luft des Ballons innerhalb der Zeit des Füllens der Vorlagen und der Diffuseure rechnen? Da eine Ballonfüllung zum Beschicken von 4 Diffuseuren, welche einen gleichen Kohlensäuregehalt erhalten sollten, diente, so mußte zuvor constatirt werden, ob die erste und die letzte Füllung der Vorlagen und der Diffuseure eine mit den dazwischen liegenden genau übereinstimmende Zusammensetzung besaß.

Zu dem Zwecke wurden durch die Vorlagen der Reihe nach je 15 Liter des auf oben beschriebene Weise hergestellten Gasgemisches geleitet und der Kohlensäuregehalt des Inhaltes der verschiedenen Vorlagen festgestellt.

No.	Zeit der Beendigung der Füllung	Vol. d. Vorlagen — 50 Cc. Barytwasser Cc.	Corr. Vol. b = 749 t = 20 Cc. Ox.	25 Cc. Barytwasser = 0·5175 Grm. CO_2 davon zurücktitrirt Cc. Ox.	Grm. CO_2.	Cc. CO_2 in d. Kohlen-Flasche × 2 der gefundenen Zahlen.	säure-Gehalt pro mill. d. Vol.
1	10 U.	1023	940	30·8	= 0·03080	= 21·160	= 22·51
2	10 „ 8 M.	1049	964	30·5	= 0·03050	= 21·463	= 22·27
3	10 „ 14 „	1022	939	30·8	= 0·03080	= 21·160	= 22·53
4	10 „ 21 „	1055	970	29·8	= 0·02980	= 22·170	= 22·86

Eine weitere Versuchsreihe wurde ausgeführt, um zu constatiren, ob man durch Einsaugen einer gleichen CO_2-Menge, wieder genau denselben CO_2-Gehalt der Luft des Ballons erreichen könne.

(b = 747 t = 25° C.)

1	4 U. 6 M.	1023	921	31·4	= 0·03140	= 20·554 = 22·32
2	4 „ 15 „	1049	944	30·65	= 0·03065	= 21·311 = 22·58
4	4 „ 33 „	1055	950	30·4	= 0·03040	= 21·564 = 22·70

Beide Versuchsreihen zeigen eine sehr befriedigende Uebereinstimmung; sie beweisen zunächst, daß die erste Füllung der Flaschen von der letzten und den dazwischen liegenden nicht irgendwie erheblich differirt, trotzdem zwischen erster und letzter Füllung ein Zeitraum von 21—27 Minuten liegt.

	Reihe 1		Reihe 2	
Fl. 1	10 U.	= 22·51 p. a. CO_2	1 4 U. 6 M.	= 22·32
2	10 „ 8 M.	= 22·27 „	2 4 „ 15 „	= 22·58
3	10 „ 14 „	= 22·53 „		
4	10 „ 21 „	= 22·86 „	4 4 „ 33 „	= 22·70

Außerdem ist aber aus den vorstehenden Versuchsreihen zu ersehen, daß es keine Schwierigkeiten bietet, in dem Ballon B. ein Luftgemisch von genau bestimmtem Kohlensäuregehalt für längere Versuchsreihen stets wiederkehrend herzustellen, denn im Mittel aller Versuche hatte die Luft enthalten:

Reihe 1 22·54 p. m. CO_2

Reihe 2 22·53 p. m. „

In der That eine überraschend genaue Uebereinstimmung! welche übrigens den wiederholten Beweis von der Zuverlässigkeit der Pettenkofer'schen Kohlensäurebestimmung liefert.

Die zweite Fundamentalfrage, welche vor Beginn der Versuchsreihen zur Entscheidung kommen mußte, war folgende

II. Wie große Volumina des Gasgemischs müssen durch die Vorlagen und Diffuseure geleitet werden, um die in denselben enthaltenen Mengen von atmosphärischer Luft zu verdrängen?

Es wurden bei diesen Versuchen die Vorlagen I.—IV. mit einem Volumen von

I. 1073 Cc.
II. 1099 „
III. 1072 „
IV. 1105 „

vorgelegt. Für alle späteren Versuche mag zur Vereinfachung der analytischen Beläge hier ein für alle Male bemerkt werden, daß obige Zahlen das wirkliche Volumen der Vorlagen ausdrücken, für die Berechnung des Kohlensäuregehaltes muß das Volumen des einfließenden Barytwassers (immer = 50 Cc.) in Abrechnung gebracht werden. Zur Titration wurden von diesen 50 Cc. nur 25 Cc. genommen. Die zum Titriren gebrachte Oxalsäure neutralisirte bei allen Versuchen p. Cc. die einem Milligramm Kohlensäure entsprechende Barytmenge (= 2·8636 Grm. krystallisirte Oxalsäure p. Liter).

Die Herstellung chemisch reiner Oxalsäure, welche auf dem Wege des Umkrystallisirens große Schwierigkeiten bietet und sehr zeitraubend ist, läßt sich durch Ueberführung der Oxalsäure in ihren Aethyläther sehr leicht vollziehen. Wenn man getrocknete Oxalsäure des Handels, in einer Retorte auf der Platte des Dampfapparates mit absolutem Alkohol einige Tage digerirt, alsdann das Gemisch überdestillirt, und das zuerst übergegangene Destillat noch einmal zurückgießt, so gelingt es leicht, durch Fractioniren chemisch reinen Oxalsäure-Aethyl-Aether (höchstens verunreinigt durch etwas übergegangene freie Oxalsäure, was für den vorliegenden Zweck gleichgültig ist) zu erhalten. Zersetzt man den Oxaläther in einer Platinschale mit Wasser bei 60—70° Celsius, so krystallisirt sogleich beim Eindampfen vollkommen aschefreie und reine Oxalsäure aus der Lösung. Um nun zu den Controle-Versuchen zurückzukehren, so gaben dieselben bei 3 Reihen mit absichtlich verschiedenem Kohlensäuregehalt der Luft des Ballons folgendes Resultat.

1. Nr. der Vorlagen.	2. Vol. der zum Verdrängen durchgeleiteten Luft in Litern.	3. Corr. Volumen b = 748 t = 20·5.	4. 25 Cc. Barytwasser = 51·85 Cc. Oxls. = 0·05185 Grm. CO_2 zurücktitrirt Cc. Oxals. = Grm. CO_2.	5. Cc. Kohlensäure.	6. Kohlensäuregehalt pro mille.
1 — 8 U. 55 M.	4	936	29·4 = 0·02940	22·675	**24·22**
2 — 9 „ 1 „	5	960	28·55 = 0·02855	23·533	**24·51**
3 — 9 „ 9 „	6	935	29·1 = 0·02910	22·978	**24.57**
4 — 9 „ 15 „	7	965	28·6 = 0·02855	23·483	**24·33**

Bei einer zweiten Reihe wurde mit geringeren Luftmengen begonnen.

Nr. der Vorlagen und Zeit der Füllung.	Durchgeleitetes Vol.	Corr. Vol. b = 748 t = 22·5	25 Cc. Barytwasser = 51·85 Oxls. = 0·05185 Grm. CO_2 zurücktitrirt.	Cc. CO_2	Kohlensäuregehalt pro mille.
1 — 11 U. 25 M.	2 Liter	930 Cc.	32·4 Cc. = 0·03240	19·450	**20·91**
2 — 11 „ 30 „	3 „	954	32·05 „ = 0·03205	19·998	**20·96**
4 — 11 „ 38 „	10 „	959	31·6 „ = 0·03160	20·453	**21·33**

Eine dritte Reihe ergab endlich folgendes Resultat:

			b = 748 t = 21	25 Cc. Barytwasser = 51·80 Oxl. = 0·05185 CO_2 Cc. Oxl. = Gramm CO_2		
1 — 10 U. 40 M.	3 Liter	931	36·75	= 0·03695	14·999	**16·11**
2 — 10 „ 45 „	4 „	955	36·7	= 0·03670	15·251	**15·97**
3 — 10 „ 51 „	6 „	930	36·8	= 0·03680	15·150	**16·29**
4 — 10 „ 56 „	10 „	960	36·25	= 0·03625	15·706	**16·35**

Die Verdrängung der Luft aus den Vorlagen war eine so schnelle, daß bereits 2 Liter eines Gasstroms von der bei den vorliegenden Versuchen eingehaltenen Geschwindigkeit ausreichten, um die Luft in den 1 Liter fassenden Vorlagen zu ersetzen.

Da der Füllungsballon 60 Liter faßte, so durfte man kein Bedenken tragen, 4 Diffuseure von je 1800—1900 Cc. Inhalt aus demselben zu füllen. Es stand alsdann ungefähr das 8fache Volumen der Diffuseure für die Verdrängung zur Verfügung.

Endlich war noch die Frage zu entscheiden:

III. Mit welcher Genauigkeit ließ sich der Kohlensäuregehalt der in den Diffuseuren enthaltenen Luft bestimmen?

Diese Frage bot keine Schwierigkeiten, da der Vergleich des Kohlensäuregehaltes der Vorlagen mit demjenigen der Diffuseure, wenn man in letztere sofort nach dem Füllen Barytwasser einströmen ließ, hierzu genügte.

Es kamen nachstehende 2 Reihen von Controle-Versuchen zur Ausführung.

Zum Verständniß der analytischen Beläge mag bemerkt werden, daß das Volumen der 4 Diffuseure incl. des aufgelegten Gummiringes (13 Cc.), durch Messung und Wägung bei 17·5° C ermittelt, betrug:

1	1923 Cc.
2	1869 „
3	1955 „
4	2008 „

Zur Absorption der Kohlensäure wurden in die Vorlagen je 50 Cc., in die Diffuseure je 100 Cc. Barytwasser eingeführt, zur Berechnung des corrigirten Volumens sind diese Mengen von den obigen Zahlen in Abzug zu bringen. Da jedesmal 25 Cc. Barytwasser nach der Absorption zur Titration kamen, so sind die erhaltenen Differenzen bei den Vorlagen mit 2, den Diffuseuren aber mit 4 zu multipliziren.

Vor jedem Diffuseur wurde die Vorlage mit der entsprechenden Nummer eingeschaltet.

Reihe I.

Art und Stärke der Platte.	Zeit der Füllung.	Vol. corr. b = 745 t = 23	Auf 25 Cc. Barytw. = 51.7 Cc. Oxals. zurücktitrirte Oxals.	Kohlensäuregehalt.
			Cc.	p. m.
Nr. I. Diffuseur mit Sollingsandsteinplatte . . . . . 1 Cm.	3 U. 25 M.	1648	38·6	16·06
„ I. Vorlage	3 „ 25 „	925	36·5	16·60
Nr. II. Diffuseur m. Eichenholzplatte 4.5 Cm.	3 „ 36 „	1599	38·9	16·17
„ II. Vorlage	3 „ 36 „	948	36·25	16·46
Nr. III. Diffuseur m. Eichenenholzplatte 2 Cm.	3 „ 43 „	1677	38·9	16·08
„ III. Vorlage	3 „ 43 „	924	36·8	16·29
Nr. IV. Diffuseur mit Tannenholzplatte 2 Cm.	3 „ 58 „	1725	37·9	16·16
„ IV. Vorlage	3 „ 58 „	954	36·3	16·30

Reihe II.

		b = 748 t = 24·5	25 Cc. Barytwasser = 43·45 Cc. Oxls.	
Nr. I. Diffuseur mit rothem Reinhäuser Sandstein . . . . . 1 Cm.	3 U. 57 M.	1646	26·7	20.56
„ I. Vorlage	3 „ 57 „	924	24·7	20·48
Nr. II. Diffuseur mit gelbem Backstein 1 Cm.	4 „ 6 „	1597	27.05	20.74
„ II. Vorlage	4 „ 6 „	947	24.4	20·32
Nr. III. Diffuseur mit Tuffstein 1 Cm.	4 „ 15 „	1675	26·6	20·32
„ III. Vorlage	4 „ 15 „	923	24·75	20.46
Nr. IV. Diffuseur mit rothem Backstein 1 Cm.	4 „ 25 „	1723	26·15	20·28
„ IV. Vorlage	4 „ 25 „	953	24·3	20.30

Um ein Beispiel anzuführen, wie aus den obigen abgekürzten (wie später auch) analytischen Belägen die Zahlen zu reconstruiren sind, möge Nr. 1 der ersten Reihe gewählt werden:

Vol. des Diffuseurs 1923 Cc. — 100 Cc. Barytwasser = 1823 Cc. bei 745 millim. b und 23° C. = 1648 bei 0° und 760.

25 Cc. Barytwasser = 0·0517 grm. CO_2 vor dem Versuch
38.6 Cc. Oxalsäure = 0·0386 „ nach „ „

0·0131 grm. $CO_2 \times 4$ in 100 Cc. = 0·0524
Grm. CO_2 = 26·462 Cc. CO_2
16·06 pro mille.

Stellt man die gewonnenen Zahlen nebeneinander:

Nr. des Gefäßes.	Kohlensäuregehalt der Luft im Diffuseur	in d. Vorlage	Im Diffuseur + in der — weniger als in d. Vorlage
		Reihe I.	
1	16·06	16·60	— 0·54
2	16·17	16·46	— 0·29
3	16·08	16·29	— 0·21
4	16·16	16·30	— 0·14
		Reihe II.	
2	20·74	20·32	+ 0·42
4	20·28	20·30	— 0·02
1	20·56	20·48	+ 0·08
3	20·32	20·46	— 0·14

so sieht man, daß die für die Diffuseure und die Vorlagen gewonnenen Zahlen nicht mehr als innerhalb einiger Zehntel pro mille differiren und daß man nach allen vorhergehenden Ausführungen die beschriebene Methode gewiß als eine für die vorliegenden Versuchszwecke hinreichend genaue bezeichnen muß.

Daß dieselbe trotzdem in dem weiteren Theile der Untersuchung durch eine andere ersetzt ist, hatte seinen Grund in später darzulegenden Verhältnissen.

Orientirende Vorversuche.

(Weende 1870/71.)

Die erste Versuchsreihe wurde ausgeführt, um auf dem unbekannten Gebiete zunächst einen Ueberblick zu gewinnen.

Die Resultate dieser Versuche sind in den Tabellen I. und II. S. 10 u. 11 enthalten.

Es handelte sich darum, zu erfahren, wie lange Zeit überhaupt die Diffusion dauern mußte, um sichtbare Unterschiede zwischen den weniger oder mehr porösen Materialien hervortreten zu lassen.

Bei den ersten, 24 Stunden währenden Versuchen, zeigte es sich sogleich, daß diese Frist viel zu lang bemessen war. Denn der Kohlensäuregehalt der Diffuseure sank von ungefähr 21 pro mille:

bei Sollingsandstein, einem sehr harten und wenig porösen Material auf 0·63 pro mille; also 95·35 pCt. diffundirt,

bei Kalktuffstein, einem poröseren Material, auf 0·49 pro mille; also 97·45 pCt. diffundirt.

Daß durch die Längsschnitte von Eichenholz und Tannenholz in derselben Zeit nur bei:

Eichenholz 18·28 pCt.
Tannenholz 20·12 „

der vorhanden gewesenen Kohlensäure diffundirt waren, spricht für die relativ hohe Undurchlässigkeit der Längsschnitte von Holzarten. Alle übrigen Materialien mußten für kürzere Versuche verwendet werden.

Tabelle I. Orientirende Vorversuche.

Material der Platten.	Stärke der Platten Centim.	Dauer der Diffusion Stund.	Nr. des Diffus.u. d. Vorlage.	Barometerstand Millim.	Temperatur °C.	Titer des Barytwassers 25 CC = Cc. Oxals.	Zurücktitrirt in 25 CC Barytw. der Vorlage Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 CC Barytw. des Diffuseurs Cc. Ox.	Kohlensäuregehalt pro mille, der Vorlage	Kohlensäuregehalt pro mille, des Diffuseurs	Bemerkungen.	Es diffundirte von der vorhandenen Kohlensäure pCt.	Stockmann pCt.
Tuffstein	1	24	1	745	22	43·30	23·8	42·9	21·24	0·49	Platten n. oben	97·4	
Sollingsandstein	1	24	2	745	22	43·30	23·35	42·8	21·17	0·63	Ruhe.	95·35	
Eichenholz, lang	4	24	3	—	—	—	23·95	28·95	21·06	17·21	Orientirende	18·28	
Tannenholz, lang	1	24	4	—	—	—	23·5	29·0	20·87	16·67	Versuche.	20·12	
Rother Backstein	1	3	1	747	22	43·30	23·4	40·6	21·57	3·28		84·33	
Rother Rheinhäuser-Sandstein	1	3	2	—	—	—	22·9	38·95	21·55	4·82		77·63	
Sollingsandstein	1	3	3	—	—	—	23·4	33·4	21·58	11·83	—	45 18	
Tuffstein	1	3	4	—	—	—	22·8	51·05	21·55	2·62		87·84	
Rother Rheinhäuser-Sandstein	1	1	1	747	20·5	43·40	23·8	32·4	21·17	13·34		36.99	
Rother Backstein	1	1	2	—	—	—	23·25	34·5	21·23	11 12		47·62	
Sollingsandstein	1	1	3	—	—	—	23·8	28·65	21·19	17·58	—	17·04	
Tuffstein	1	1	4	—	—	—	23·2	35·2	21·16	9·49		55·15	
Rother Rheinhäuser-Sandstein	1	2	1	747	19·3	43·40	—	36·7	(21·34)	8·09		62·09	
Rother Backstein	1	2	2	—	—	—	—	38·9	(21·34)	5·60		73·75	
Sollingsandstein	1	2	3	—	—	—	23·6	31·5	21·34	14·13	—	33·79	
Tuffstein	1	2	4	—	—	—	—	39·6	(21·34)	4·39		79·43	
Rother Rheinhäuser-Sandstein	1	2	1	741	18·9	43·45	24·1	36·75	20·95	8·14		61·15	
Rother Backstein	1	2	2	—	—	—	23·65	38·95	20·90	5·64		73·01	
Sollingsandstein	1	2	3	—	—	—	24·2	31·65	20·86	14·09	—	32·45	
Tuffstein	1	2	4	—	—	—	23·65	39·7	20·79	4·35		79·08	
Rother Rheinhäuser-Sandstein	1	2	1	743	19·5	43·45	24·0	36·7	21·06	8·20		61·07	
Rother Backstein	1	2	2	—	—	—	23·65	38·95	20·90	5·64		73·01	
Sollingplatte	1	2	3	—	—	—	24·1	31·6	20·97	14·15	—	32·52	
Tuffstein	1	2	4	—	—	—	23·55	39·65	20 90	4.41		78 90	
Gelber Verblendstein	1	2	1	749	19·3	43·5	23·8	36·65	21·14	8·25		60·97	
Rother Backstein	1	2	2	—	—	—	23·4	38·65	21·04	6·02		71·39	
Weißer Rheinhäuser-Sandstein	1	2	3	—	—	—	23·9	36·7	21·06	8·05	—	61·78	
Rodethaler Sandstein	1	2	4	—	—	—	23 4	34·6	20·91	10·24		51·03	

Tabelle II. Orientirende Vorversuche.

Material der Platten.	Stärke der Platten Centim.	Dauer der Diffusion Stund.	Nr. des Diffus. u. d. Vorlage.	Barometerstand Millim.	Temperatur °C.	Titer des Barytwassers 25 Cc. = Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 CC. Barytw. der Vorlage Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 CC. Barytw. des Diffuseurs Cc. Ox.	Kohlensäuregehalt pro mille der Vorlage.	Kohlensäuregehalt pro mille des Diffus.	Bemerkungen.	Es diffundirte vom der vorhandenen Kohlensäure pCt.
Rother Backstein	1	2	1	748	18·5	25·6	6·0	20·6	20 99	6·01	Platten nach Ob. Die Platten wurden auf andere Diffuseure aufgekittet.	71·37
Sollingsandstein	1	2	2	—	—	—	5·55	14·4	20·89	13.87		33·60
Tuffstein	1	2	3	—	—	—	6·05	21·45	20·96	4·90		76·61
Rother Rheinhäuser-Sandstein	1	2	4	—	—	—	—	18·4	(20·95)	8·27		60·53
Sollingsandstein	1	2	1	747	17·2	44·8	25·35	33·15	20·77	13·96	Platten noch. mals umgewechselt. Nach Oben.	32·79
Tuffstein	1	2	2	—	—	—	24·95	40·95	20·67	4 75		77·02
Rother Rheinhäuser Sandstein	1	2	3	—	—	—	25·35	37·8	20·79	8·24		60·37
Rother Backstein	1	2	4	—	—	—	24·9	39 85	20·59	5·61		72·75
Tannenholz quer	1	2	1	747	16·8	44·8	25·35	41·85	20·77	3·53	Platten nach Oben.	83·04
" lang	1	2	2	—	—	—	24·9	27 8	20·71	20·38		1·59
Eichenholz quer	1	2	3	—	—	—	25 3	29·5	20·84	18·11		13·10
" lang	1	2	4	—	—	—	24·85	27·05	20·64	20·31		1·60
Tannenholz quer	4½	2	1	738	15·3	33·65	14·9	24·85	20·15	10·61	Platten nach Oben.	47·34
" lang	4½	2	2	—	—	—	14·4	17·8	20·16	19·70		2·28
Eichenholz quer	4½	2	3	—	—	—	14·9	17 05	20·17	19·67		2·43
" lang	4½	2	4	—	—	—	14·5	16·45	19·94	19·83		0·55
Gelber Backstein	1	2	1	744	13·7	33·65	13·9	28·6	20·91	6·00	Platten nach Unten. Ruhe.	72·31
Rodethaler Sandstein	1	2	2	—	—	—	13·45	26·8	20·84	8·39		59·74
Tannenholz quer	4½	2	3	—	—	—	13·9	25·5	20·91	9·51		54·52
Tannenholz quer	1	2	4	—	—	—	13·4	32·6	20·79	1 20		94·22
Gelber Backstein	1	2	1	743	14·2	33·65	14·2	28·7	20·66	5·90	Platten nach Unten. Ruhe.	71 45
Rodethaler Sandstein	1	2	2	—	—	—	13·8	26 85	20 54	8·35		59·35
Tannenholz quer	4½	2	3	—	—	—	14·2	25·55	20·68	9·49		54·11
" "	1	2	4	—	—	—	13·75	32·7	20·49	1·09		94·68
Gelber Backstein	1	2	1	741	14·0	33·60	14·1	27·4	20·77	7·41	Platten nach Oben auf dem Pendel.	64·32
Rodethaler Sandstein	1	2	2	—	—	—	13·75	25·7	20·63	9·73		52·84
Tannenholz quer	4½	2	3	—	—	—	14·15	24·65	20·74	10·51		49·32
" "	1	2	4	—	—	—	13·7	31·0	20·55	2·97		85·55
Gelber Backstein	1	2	1	730·5	13·0	33·45	14·25	29 05	20·63	5·31	Platten nach Unten auf dem Pendel.	74·26
Rodethaler Sandstein	1	2	2	—	—	—	13·85	27·15	20·54	7·83		61·88
Tannenholz quer	4½	2	3	—	—	—	14·2	25·85	20·71	9·00		56·54
" "	1	2	4	—	—	—	13·8	32·7	20·46	0·86		95·80
Gelber Backstein	1	2	1	751	13·5	33·45	13·8	28·8	20·60	5·48	Platten vertical auf dem Pendel.	73·40
Rodethaler Sandstein	1	2	2	—	—	—	13·3	26 85	20·62	8·01		61·15
Tannenholz quer	4½	2	3	—	—	—	13·85	25·6	20·58	9·08		55·88
" "	1	2	4	—	—	—	13·3	32·6	20·32	0·95		95·35
Gelber Backstein	1	2	1	750	13·0	33·45	13·55	28·8	20·83	5·46	Platten vertical. Ruhe.	73·79
Rodethaler Sandstein	1	2	2	—	—	—	13·25	26·85	20·63	8·00		61·22
Tannenholz quer	4½	2	3	—	—	—	13·75	25·7	20·64	8·95		56·64
" "	1	2	4	—	—	—	13·25	32.75	20·50	0·79		96·15

Bei den poröseren Materialien war die Diffusion eine so starke, daß hier bereits eine Stunde vollkommen ausreichend gewesen wäre.

Es diffundirte zum Beispiel in einer Stunde von der zu Beginn des Versuches vorhandenen Kohlensäure

1	Centimeter	Rother Reinhäuser Sandstein	36·99 pCt.
1	„	Sollingsandstein	17·04 „
1	„	Rother Backstein	47·62 „
1	„	Kalktuffstein	55·15 „

Um jedoch der geringeren Porosität der dichteren Materialien Rechnung zu tragen, wählte man für eine größere Reihe von Versuchen die 2stündige Diffusionsdauer.

Wenn man der Tabelle I. und II. die in dieser Richtung mit verschiedenen Materialien ausgeführten, untereinander übrigens, so weit es irgend zu erwarten war, übereinstimmenden Versuche entnimmt, so erhält man folgende Zusammenstellung der Mittelzahlen in absteigender Reihe.

1	Centimeter	Tannenholz Querschnitt	= 83·04 pCt.	diff. in 2 Stunden
1	„	Kalktuffstein	= 78·21 „	„ „ „ „
1	„	Rother Backstein	= 72·55 „	„ „ „ „
1	„	Weißer Reinhäuser Sandstein	= 61·78 „	„ „ „ „
1	„	Rother Reinhäuser Sandstein	= 61·44 „	„ „ „ „
1	„	Gelber Backstein (Klinker)	= 60·97 „	„ „ „ „
1	„	Rodethaler Sandstein	= 51·03 „	„ „ „ „
1	„	Sollingsandstein	= 33·03 „	„ „ „ „
1	„	Eichenholz-Querschnitt	= 13·10 „	„ „ „ „
1	„	Eichenholz-Längsschnitt	= 1·60 „	„ „ „ „
1	„	Tannenholz-Längsschnitt	= 1·59 „	„ „ „ „

Soweit 3stündige Versuche ausgeführt sind, mögen dieselben hier ebenfalls Platz finden.

1	Centimeter	Tuffstein	= 87·40 pCt.	diff. in 3 Stunden
1	„	Rother Backstein	= 84·33 „	„ „ „ „
1	„	Rother Reinhäuser Sandstein	= 77·63 „	„ „ „ „
1	„	Sollingsandstein	= 45·18 „	„ „ „ „

Die vorstehenden Zahlen gaben bereits sehr wesentliche Fingerzeige für den weiteren Verlauf der Arbeit.

Bei den in der Einleitung erwähnten Ventilationsversuchen hatte sich Sandstein als ein sehr wenig poröses Material erwiesen. Dieses bestätigt sich vollständig durch die Diffusionsversuche, da Sollingsandstein in der Durchlässigkeit für Kohlensäure sehr tief und Rodethaler, sowie beide Reinhäuser-Sandsteine ebenfalls noch unter dem porösen rothen Backstein stehen. Gleichzeitig sind aber die Differenzen bei den beiden Backsteinarten, nämlich bei 2stündiger Diffusion

Rother Backstein 72·55 pCt.
Gelber Klinker 60·97 „

so groß, daß der gelbe Klinker in obiger Reihe unter den beiden Reinhäuser Sandsteinen steht. Es war daher eine weitere Ausdehnung auf verschiedene

Sandstein- und namentlich aber Backsteinarten, um für letztere ein Urtheil über die Beeinflussung der Durchlässigkeit durch Verschiedenheit des Materials und der Zubereitung zu gewinnen, nothwendig.

In der später zu Halle erfolgten Fortsetzung der Versuche ist dieser Punkt auf das Eingehendste berücksichtigt.

Die vorstehenden Versuche sind sämmtlich so ausgeführt, daß die Platten, welche man auf die Diffuseure kittete, bei aufrechtem Stande dieser letzteren, gewissermaßen die poröse Decke derselben bildeten. Die aus den Diffuseuren entweichende spezifisch schwerere Kohlensäure mußte daher ihren Weg nach Oben nehmen und es konnte die Frage sein, ob sich die Diffusion nicht kräftiger vollziehe, wenn man die Platten nach Unten kehrte. Der Erfolg bestätigte diese Vermuthung und es wurde deshalb nothwendig, Controleversuche über die Stärke der Diffusion bei verschiedener Stellung der Platten auszuführen; die der Tab. II. entnommenen Zahlen finden sich in der nachstehenden Uebersicht. Alle Zahlen beziehen sich auf eine 2stündige Diffusionsdauer.

		1. Gelber Backstein	2. Rodethaler Sandstein	3. Tannenholz-Querschnitt 4½ Cm.	4. 1 Cm.
Platte nach Oben gerichtet	Ruhe	60·97	51·03	47·35	83·00pCt.
" " " "	Bewegung	64·32	52·84	49·32	85·55 "
Platte nach Unten gerichtet	Ruhe	71·45	59·35	54·11	94·68 "
" " " "	"	72·31	59·34	54·52	94·22 "
" " " "	Bewegung	74·26	61·88	56·54	95·80 "
Platte seitlich gerichtet	Bewegung	73·40	61·15	55·88	95·35 "
" " "	Ruhe	73·79	61·22	56·64	96·15 "

Da bei allen mit unterer Richtung der Platte angeführten Versuchen eine erheblich stärkere Diffusion eintrat, so konnte man sich nicht dabei beruhigen, sondern mußte nun auch den Einfluß der seitlichen Richtung der Platte untersuchen. Das ebenfalls in der obenstehenden Zusammenstellung enthaltene Resultat dieser Versuche läßt schließen, daß bei seitlicher Richtung eine Differenz gegen die untere Richtung der Platte in erheblicher Weise nicht erhalten wurde. Man wählte aus diesem Grunde für alle späteren Versuche die bei der seitlichen Stellung des Diffuseurs eintretende verticale Lage der Platten; um so mehr, als hierbei die natürlichen Verhältnisse der Seitenwandungen der Wohngebäude nachgeahmt wurden.

Endlich war noch in Betracht zu ziehen, daß möglicher Weise eine Entmischung des Inhalts der Diffuseure dadurch eintreten konnte, daß die durch die poröse Platte dringende atmosphärische Luft sich nicht sofort mit dem kohlensäurehaltigen Inhalt des Diffuseurs mengte. Es würde alsdann unmittelbar an der Platte ein kohlensäureärmeres Gasgemisch abgelagert und hierdurch die Diffusion erheblich verzögert werden. Obgleich nun die ebenfalls in der obenstehenden Zusammenstellung enthaltenen Versuche mit unterer oder seitlicher Richtung der Platte, bei denen die Diffuseure während der Diffusionsdauer bewegt wurden, kein erheb-

lich höheres Resultat ergaben, als die in der Ruhelage ausgeführten Versuche, so wurde doch zur Sicherheit ein besonderer Apparat für das Bewegen der Diffuseure während der Versuchsdauer construirt.

Derselbe bestand aus einem 3 Meter langen, in Stahlschneiden auf Stahlunterlage schwingenden Pendel mit sehr langer Schwingungsdauer, an dessen Ende ein Brett mit Einschnitten zur Aufnahme der 4 Diffuseure angebracht war. Die letzteren wurden so eingelegt, daß ihre Platten genau vertical und parallel der Schwingungsebene des Pendels standen. Auf ein genaues Einrichten der Platten mußte ein besonderer Werth gelegt werden, da anderenfalls eine durch die Centrifugalkraft vermehrte Diffusion hätte eintreten können, wie sie z. B. unverkennbar hervortrat, wenn die Diffuseure mit nach Unten gerichteter Platte auf dem Pendelapparat befestigt wurden.

		1.	2.	3.	4.
Platte nach Unten	Ruhe	71·88	59·55	54·32	94·45
„ „ „	Bewegung	74·26	61·88	56·54	95·80
	Mehr bei Bewegung	2,38	1,27	2,22	1,35 pCt.

Endlich verdient auch noch ein anderer Punkt Berücksichtigung. Das Volumen der Diffuseure war bei den Vorversuchen nicht vollkommen gleich und betrug bei

I. 1923 Cc.
II. 1869 „
III. 1955 „
IV. 2008 „

Da gleichzeitig 4 Diffuseure gefüllt und angesetzt werden sollten, um Zeit und Mühe zu sparen, so mußte untersucht werden, wie groß der Einfluß des verschiedenen Volumens der Diffuseure auf die prozentische Diffusion war. Zu dem Zwecke wurden die Platten auf den Diffuseuren umgewechselt und Diffusionsversuche unter sonst ganz gleichen Verhältnissen ausgeführt (vrgl. Tabelle II.)

Hierbei ergab sich folgendes Resultat:

Rother Reinhäuser Sandstein 1 Cm. 2 Stunden diff.

Diffuseur 1.	1923 Cc.	=	62·09 pCt.	diff.
„		=	61·15 „	„
„		=	61·07 „	„
„ 4.	2008 „	=	60·37 „	„
„ 3.	1955 „	=	60·53 „	„

Kalktuffstein 1 Cm. 2 Stunden diff.

Diffuseur 4.	2008 Cc.	=	79·43 pCt.	diff.
„		=	79·08 „	„
„		=	78·90 „	„
„ 3.	1955 „	=	76·61 „	„
„ 2.	1869 „	=	77·02 „	„

Die Differenzen sind so erheblich, daß man, um eine genauere Vergleichbarkeit zu erzielen, beschließen mußte, die Difiuseure auf ein annähernd gleiches

Volumen zu bringen; durch Ausmessen, Markiren und Absprengen gelang dieses wenigstens soweit, daß die zu den nun folgenden Versuchen benutzten Diffuseure folgende Volumen zeigten:

I. 1862 Cc.
II. 1856 „
III. 1867 „
IV. 1864 „

Dazu kommen noch je 13 Cc. für den Gummiring.

Erste Versuchsreihe (a).
Weende 1871 (Maercker).

Tabelle III.

Die Zahlen dieser Versuchsreihe sind nach dem oben ausführlich dargelegten Verfahren erhalten und in Tabelle III niedergelegt (s. S. 16 bis 19).

Die Durchschnittszahlen sind übersichtlich in den Tabellen IV und V zusammengestellt (s. S. 20 u. 21).

Ohne auf eine Diskussion der erhaltenen Versuchsresultate schon an dieser Stelle eingehen zu wollen, soll nur hervorgehoben werden, daß sich aus der Tabelle Nr. IV eine weiter unten zu verfolgende Gesetzmäßigkeit bereits auf den ersten Blick ergiebt. Wenn man die procentischen Zahlen für die bei denselben Materialien stattgefundene Diffusion bei einem verschiedenen Kohlensäuregehalt der Luft in den Diffuseuren vergleicht, so findet man eine sehr annähernde Uebereinstimmung dieser Zahlen untereinander. Mit anderen Worten ausgedrückt, es diffundirten von der vorhandenen Kohlensäure prozentisch nahezu gleiche Mengen, gleichgültig ob in den Diffuseuren reine Kohlensäure oder ein verdünntes Gemisch von Kohlensäure mit Luft enthalten war.

Indessen ist die Uebereinstimmung doch nur eine annähernde, so zwar, daß die prozentische Diffusion regelmäßig bei den verdünnteren Gemischen etwas niedriger ist als bei den konzentrirteren und bei reiner Kohlensäure.

Worin dieser Umstand begründet lag, war unschwer zu erkennen. Bei den vorliegenden Versuchen diffundirte Kohlensäure nicht gegen reine atmosphärische Luft, sondern gegen Zimmerluft mit einem Kohlensäuregehalt von 0·5—0·75 pro mille. Hierdurch wird ein Fehler in die Versuche gebracht, der um so größer sein muß, je verdünnter das diffundirende Gemisch ist; bei reiner Kohlensäure gegenüber der Zimmerluft wird derselbe fast verschwindend. Zur späteren Diskussion der Versuchsresultate sind daher aus der ersten Reihe, soweit es anging, nur die der Wahrheit näher kommenden Versuche mit reiner Kohlensäure benutzt; für die weitere Ausdehnung der Versuche mußte jedoch der Apparat modifizirt werden, weil die Bestimmung der Kohlensäure durch Barytwasser ihre Genauigkeit verliert, sobald es sich um die Bestimmung größerer Mengen von Kohlensäure handelt. Dieser Fall kam bei den späteren Versuchen überall da in Frage, wo eine kürzere Dauer der Diffusion bei weniger porösen Materialien eingehalten wurde. Man gab daher dem Apparat die nachstehend beschriebene Form.

Tabelle III. (Versuchsreihe a)

Diffusions-Dauer Stunden.	Nr. des Diffuseurs und der Vorlage.	b. mill.	t. °C.	Titer des Barytwassers Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 Cc. Barytw. der Vorlage Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 Cc. Barytw. des Diffuseurs Cc. Ox.	Kohlensäure-Gehalt der Vorlage pro mille.	Kohlensäure-Gehalt des Diffuseurs pro mille.	Von der vorhandenen Kohlens. diffundirte %	Bemerkungen.
1 Centimeter starker Rother Backstein.										
½	2	740·5	15·3	57·85	—	14·5	1000	542·4	45·8	300 Cc. Barytwasser
½	2	740	13·9	57·85	—	14·2	1000	546·2	45·4	300 „ „
1	2	742	13·0	57·85	—	18·85	1000	305.6	69·4	200 „ „
1	2	739	14·8	57·85	—	19·8	1000	300·0	70·0	200 „ „
2	2	740	18·6	57·85	—	34·50	1000	87·1	91·2	100 „ „
2	2	739	14·7	57·85	—	33·65	1000	91·0	90·9	100 „ „
3	2	753	13·7	57·85	—	49·1	1000	31·2	96·9	100 „ „
4	2	747	14·2	11·2	—	8·2	1000	11·0	98·9	100 „ „
1	1	754	12·5	33·5	—	27·5	(20·7)	7·2	65·2	100 Cc. Barytwasser.
2	1	758	11·0	25·2	15.55	22·8	20·9	2·9	86·1	„ „ (100 Cc. in der Vorlage.)
3	1	761	9·5	30·2	—	29·1	(20.4)	1·3	93·6	
1	2	757	11·7	49·5	27·85	43·35	65·5	22·3	66·0	für Diffus. und Vorlage 3 fach conc. Ox.
2	2	758	11 0	49·5 Vorl. 30·5 Diff.	38·8	23·8	68·2	8·0	88·3	„ „
1 Centimeter starker Rother Reinhäuser Sandstein.										
1	2	748·5	13·2	56·9	—	18·2	1000	480·3	52 0	300 Cc. Barytwasser
2	2	758	11·9	56·9	—	24 2	1000	248·3	75·2	200 „ „
3	2	749	12·7	56·9	—	24·4	1000	117·8	88·2	100 „ „
4	2	758	12·7	56·9	—	39 9	1000	60·7	93·9	100 „ „
6	2	759	11·7	11·2	—	6·2	1000	17·8	98·2	100 „ „
1	4	754	12·5	33·5	13·15	15·95	20·6	11·1	46·1	100 „ „
2	4	758	11·0	25·2	15·45	20·3	20·5	5·8	71·7	100 Cc. Barytw. in der Vorlage
3	4	761	9·5	30 2	9·65	27·35	20·3	3·4	83·3	
1	4	756	15	49·5	39·0	40·4	67·1	32·9	51·0	100 Cc. Barytw. z. Vorl. 3 fach conc. Ox.
2	1	757	14·3	30·5	—	16·3	(69·1)	17·1	75·3	„
3	2	762	9·0	49·5 Vorl. 30·5 Diff.	38·75	22·00	67·2	10·0	85·1	„
6	2	758	11·0	49·5 Vorl. 30·5 Diff.	38·6	28·9	68·9	1·9	97·2	„
1 Centimeter starker Sollingsandstein.										
4	3	758	12·7	56·9	—	7·5	1000	371·6	62·8	200 Cc.
6	3	759	10·2	56·9	—	25·3	1000	237·3	76·3	200 „
10	3	758	12·1	56·9	—	44·6	1000	93·4	90·7	200 „
1	3	754	12·5	33·5	13·65	19·55	20·7	16·7	19·3	100 Cc u. s. w.
2	3	758	11·0	25·2	15·65	13·95	20·7	13·3	35·8	100 Cc. B. in der Vorlage
3	3	761	9·5	30·2	10·1	20·9	20·4	10·9	46 6	
6	3	762	10·5	30·2	10·35	25·2	20·3	5·9	70·9	
1	3	756	15·0	49·5	39·35	34·9	67·1	52·7	21·5	100 Cc. Barytw. z. Vorl.
								41·4	40·1	3 fach conc. Ox.
2	3	757	14·3	49·5		38·0	(69·1)			„
3	3	762	9·0	49·5	39·05	40·3	67·1	32·3	51·9	„
6	4	766	8·8	49·5 Vorl. 30·5 Diff.	38·3	16·25	69·1	16·6	76·0	„

Diffusions-Dauer Stunden.	Nr. des Diffuseurs und der Vorlage.	b. mill.	t. °C.	Titer des Barytwassers Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 Cc. Barytw. der Vorl. Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 Cc. Barytw. des Diffuseurs Cc. Ox.	Kohlensäure-Gehalt der Vorlage pro mille.	Kohlensäure-Gehalt des Diffus. pro mille.	Von der vorhandenen Kohlens. diffundirte %	Bemerkungen.
					1 Centimeter starker Rodethaler Sandstein.					
2	} cfr. Tabelle II.						20·5	7·8	61·9	100 Cc. Barytw. z. Vorlage
2							20·6	8·0	61·2	3 fach conc. Ox.
					1 Centimeter starker gelber Backstein.					
2	} cfr. Tabelle II.						20·6	5·5	73·4	"
2							20·8	5·5	73·3	"
					1 Centimeter starker Kalkmörtel.					
2	4	747	11·5	56·9	—	34·05	1000	82·6	91·7	100 Cc. Barytw.
					1 Centimeter starker Lehmstein (Pisé).					
a2	4	751	12·3	56·9	—	41·4	1000	118·4	98·2	200 Cc. Barytw.
b2	1	738	8·0	26·3	—	25·3	(66·4)	3·6	94·6	100 Cc. Barytw. z. Vorlage 3 fach conc. Ox.
b2	3	747	8·8	26·3	16·15	25·35	66·2	3·4	94·9	"
					1 Centimeter starke Platte aus einem Gypsfußboden.					
2	1	747	8·8	26·3	16·15	16·25	65·9	36·0	47·7	100 Cc. Barytw. z. Vorlage 3 fach conc. Ox.
					1 Centimeter starker Tuffstein.					
½	4	751·5	14·1	57·85	—	23·65	1000	419·0	58·1	300 Cc. Barytwasser.
½	4	751·5	14·1	57·85	—	2·3	1000	423·4	57·7	200 " "
1	4	742	13·0	57·85	—	34·8	1000	180·4	82·0	200 " "
1	4	739	14·8	57·85	—	34·95	1000	180·0	82·0	200 " "
2	4	739	18·4	57·85	—	49·4	1000	31·2	96·9	100 " "
2	4	739	14·7	57·85	—	48·8	1000	33·4	96·7	100 " "
3	4	752	13·7	11·2	—	8·55	1000	9·6	99 0	100 " "
½	4	762	10·5	30·2	9·7	22·1	20·3	9·4	53·7	
1	4	761	9·0	30·2	10·2	26·1	20·4	4·8	76·5	
2	4	757	11·8	30·2	10 4	28·7	20·5	1·8	91·2	
1	4	757	12·0	49·5	38·95	18·5	66·7	13·7	79·5	100 Cc. Barytw. z. Vorl. 3 fach conc. Ox.
½	4	757	14·3	49·5	38·65	40·8	69·1	31·4	54·6	"
2	4	758	11·0	49·5 Vorl. 30·5 Diff.	38·65	27·1	68·3	4·1	94·0	"

Diffusions-Dauer Stunden.	Nr. des Diffuseurs und der Vorlage.	b. mill.	t. °C.	Titer des Barytwassers Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 Cc. Barytw. der Vorlage Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 Cc. Barytw. des Diffuseurs Cc. Ox.	Kohlensäure-Gehalt der Vorlage pro mille.	Kohlensäure-Gehalt des Diffuseurs pro mille.	Von der vorhandenen Kohlens. diffundirte %	Bemerkungen.
					1 Centimeter starke Gypsplatte (gegossen).					
½	1	740·5	15·3	57·85	—	10·85	1000	367·3	63·3	200 „
½	1	740	13·9	57·85	—	10·8	1000	367·6	63·2	200 „
1	1	742	13·0	57·85	—	21·45	1000	134·1	86·6	100 Cc. Barytwasser.
1	1	739	14·8	57·85	—	20·3	1000	139·2	86·1	100 „ „
2	1	739·5	18·5	57·85	—	52·00	1000	21·5	97·9	100 „ „
2	1	739	14·7	57·85	—	51·85	1000	22·2	97·8	100 „ „
3	1	753	13·7	11·20	—	9·6	1000	6·0	99·4	100 „ „
1	2	761	9·0	30·2	9·65	26·55	20·4	4·3	78·9	
2	2	757	11·8	30·2	9·95	28·9	20·4	1·6	92·2	
1	2	756	15·0	49·5	39·05	46·2	67·9	12·0	82·3	100 Cc. Barytw. zur Vorl. 3 fach conc. Ox.
2	2	757	14·3	49·5 Vorl. 30·5 Diff.	38·65	27·8	69·1	3·3	95·2	„
					1 Centimeter starkes Tannenholz (Querschnitt).					
½	3	751·5	14·1	57·85	—	25·8	1000	245·7	75·4	200 Cc.
½	3	740	13·9	57·85	—	24·75	1000	257·8	74·2	200 Cc.
1	3	742	13·0	57·85	—	39·85	1000	66·1	93·4	100 „
1	3	739	14·8	57·85	—	40·9	1000	62·7	93·7	100 „
2	3	740	18·6	57·75	—	56·4	1000	5·0	99·5	100 „ Barytwasser.
2	3	739	14·7	57·85	—	56·35	1000	5·5	99·5	100 „
3	3	753	13·7	11·2	—	10·75	1000	1·6	99·8	100 „
½	1	762	10·5	30·2	10·25	24·8	20·4	6·4	68·6	
1	1	761	9·0	30·2	10·1	28·35	20·5	2·2	89·3	
2	1	757	11·8	30·2	10·35	29·5	20·5	0·8	96·1	
1	1	757	12·0	30·5 Diff. 49·5 Vorl.	28·1	24·95	66·5	6·6	90·0	für Vorlage 3 fach conc. Oxalsäure
½	1	756	15·0	49·5 30·5 Diff.	39·3	44·2	67·3	19·2	71·5	100 Cc. Barytw. z. Vorl 3 fach conc. Ox.
2	1	758	11	49·5 Vorl	39·1	29·5	67·7	1·2	98·2	„
					1 Centimeter starkes Eichenholz (Querschnitt).					
6	1	758	12·7	56·9	—	2·45	1000	569·7	43·0	300 Cc. Barytw.
10	1	758	12·1	56·9	—	23·45	1000	404·3	59·6	300 „ „
1	2	754	12·5	33·5	13·15	17·7	20·7	19·0	8·2	100 u. s. w. u. s. w.
2	2	758	11·0	25·2	15·3	10·7	20·9	17·3	17·2	100 Cc. in d. Vorlage.
3	2	761	9·5	30·2	9·6	16·9	20·5	15·7	23.4	
6	2	762	10·5	30·2	9·8	19·9	20·3	11·6	42·9	
1	3	757	12·0	49·5	39·30	32·65	66·6	60·1	9·8	100 Cc. B. zur Vorlage 3 fach conc. Ox.
2	3	758	11·0	49·5	39·05	33·9	68·1	55·8	18·1	„
3	1	762	9·0	49·5	39·05	34·9	67·0	51·3	23·4	„
6	1	758	11·0	49·5	38·9	38·95	68·9	37·6	45·4	„

Diffusions-Dauer Stunden.	Nr. des Diffuseurs und der Vorlage.	b. mill.	t. °C.	Titer des Baryt-wassers Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 Cc. Barytw. der Vorlage Cc. Ox.	Zurücktitrirt in 25 Cc. Barytw. des Diffuseurs Cc. Ox.	Kohlensäure-Gehalt der Vorlage pro mille.	Kohlensäure-Gehalt des Diffuseurs pro mille.	Von der vorhandenen Kohlens. diffundirte	Bemerkungen.
1 Centimeter starke Platte aus Kalkmörtel.										
2	2	747	8·8	26·3	15·9	23·6	66 0	9·7	85·3	"
1 Centimeter starke Platte aus Lehm geformt.										
2	4	751	12·5	56·9	–	41·4	1000	118·4	88·16	

Mittelzahlen der procentischen Diffusionen

Tabelle Nr. IV. 1 Centimeter starke Platten.

Material.	Zeit der Diffusion. Stunden.	Reine CO_2 gegen Luft.	67 % CO_2 gegen Luft.	20 % CO_2 gegen Luft.
Rother Backstein	½	45·6	—	—
	1	69·7	66·0	65·2
	2	91·1	88·3	86·1
	3	96·9	—	93·6
	4	98·9	—	—
Kalktuffstein	½	57·9	54·6	53·7
	1	82·0	79·5	76·5
	2	96·8	94·0	91·2
	3	99·0	—	—
Rother Reinbäuser Sandstein	1	52·0	51·0	46·1
	2	75·2	75·3	71·7
	3	88·2	85·1	83·3
	4	93·9	—	—
	6	98·2	97·2	—
Sollingsandstein	1	—	21·5	19·3
	2	—	40·1	35·8
	3	—	51·9	46·6
	4	62·8	—	—
	6	76·3	76·0	70·9
	10	90·7	—	—
Gypsplatte, gegossen	½	63·3	—	—
	1	86·4	82·3	78·9
	2	97·9	95·2	92·2
	3	99·4	—	—
Tannenholz, quer	½	74·8	71·5	68·6
	1	93·6	90·0	89·3
	2	99·5	98·2	96·1
	3	99·8	—	—
Eichenholz, quer	1	—	9·8	8·2
	2	—	18·1	17·2
	3	–	23·4	23·4
	6	43·0 ?	45·4	42·9
	10	59·6	—	

Tabelle Nr. V.

Zusammenstellung der Mittelzahlen aus Tabelle IV.

Inhalt der Diffuseure 1875 Cc. im Mittel.

Querschnitt der Platten $\left.\begin{matrix}7{\cdot}6 \text{ Centim.} \\ 9{\cdot}6 \quad ,,\end{matrix}\right\}$ $8{\cdot}6 = 58{\cdot}08$ □ Centim.

$0{\cdot}79$,, ab für die Durchbohrung

$57{\cdot}29$ □ Centim. $= \frac{1}{174{\cdot}5}$ □ Met.

Material.	Diffusionsdauer Stunden.	Diffundirt in Proc.	Berechnete Anfangsdiffusion pro Min.	Mittel.	Entsprechend Cc. CO_2 pro Stunde.	Diffundirt pro □ Met. und p. Stunde Cub.-Met. reduc. auf 0° – 760°		
Rother Backstein . . .	½	45·6	2·009					aus 1000 % CO_2 b.
	1	69·7	1·970	1·992	2241·0	0·3911	0·3333	,,
	2	91·1	1·996					,,
Kalktuffstein	½	57·9	2·8385					,,
	1	82·0	2·8175	2·8279	3181·4	0·5552	0·4782	,,
	2	96·8	2·8276					,,
Rother Reinhäuser Sandstein	1	52·0	1·2158					,,
	2	75·2	1·1552	1·2091	1360·2	0·2384	0·2130	,,
	3	88·2	1·3066					,,
	4	93·9	1·1586					,,
Sollingsandstein. . . .	4	62·8	0·4002					,,
	6	76·3	0·3991	0·3981	447·9	0·0761	0·0963	,,
	10	90·7	0·3951					,,
Gypsplatte gegossen . .	½	63·3	3·2861					,,
(aus dickem Brei)	1	86·4	3·2705	3·2783	3688·1	0·6436	0·5518	,,
Gypsfußboden I. . . .	2	45·7	0·4337	—	487·9	0·0851	0·0769	aus 67 % CO_2 ber.
Rodethaler Sandstein. .	2	61·6	0·7944	—	893·7	0·1559	0·1341	,, 20 % ,, ,,
Feiner gelber Backstein .	2	73·6	1·1037	—	1241·7	0·2167	0·1866	,, 1000 % ,, ,,
Lehmpisé . . . . . a	2	98·2	3·2924	—	3704·0	0·6464	0·5758	,, 67 % ,, ,,
,, ... b	2	94·8	2·8074	—	3158·3	0·5511	0·4944	,, 1000 % ,, ,,
Kalkmörtel	2	91·7	2·0527	—	2319·3	0·4047	0·3593	,,
Tannenholz, quer . . .	½	74·8	4·4905					,,
	1	93·6	4·4780	4·4843	5044·8	0·8803	0·7634	,,
Eichenholz, quer. . . .	10	59·6	0·1509	—	169·7	0·0295	0·0269	,,
Lehmplatte.	2	88·2	1·7624	—	1984·8	0·3464	0·3085	,,
								,,

Zweite Versuchsreihe (b, c, d).*)

Halle a. S. 1874/75.

Hierzu Zeichnung Nr. III.

Als Diffuseur diente nach wie vor das oben beschriebene kugelförmige Gefäß mit aufgekitteter Platte der betreffenden Baumaterialien. Da jedoch eine Durchbohrung der Platten überflüssig geworden war, gebrauchte man solide Platten und leitete die Kohlensäure durch eine in das Glas gebohrte Zuströmungsöffnung (mit entsprechender Abströmungsöffnung) ein, während die Platte aus den porösen Baumaterialien durch Ueberziehen mit einer starken Gummikappe von

1) Die Versuche der Reihe b. u. c. sind von Dr. Berthold, s. Z. Assistenten der Versuchsstation Halle a. S., diejenigen der Reihe d. (wie auch a.) vom Referenten ausgeführt.

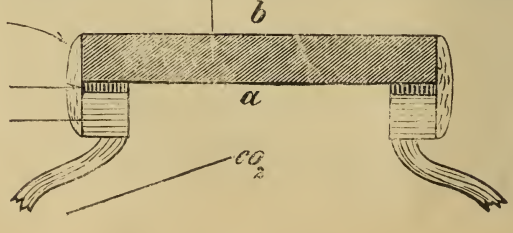
der Atmosphäre abgeschlossen blieb. Nach vollständigem Verdrängen der Luft aus dem Diffuseur löste man denselben nach dem Schließen der Ab- und Zuströmungsöffnungen von dem Kohlensäureapparat los, brachte ihn in eine horizontale Lage, so daß alsdann die aufgekittete Platte genau vertikal stand, entfernte die über die Platte gezogene Gummikappe und ließ die Diffusion eine genau bestimmte Zeit, bei geöffneten Fenstern des Experimentirzimmers, währen. Nach Verlauf der betreffenden Zeit wurde die Gummikappe wieder übergezogen, und nun der in dem Diffuseur verbliebene Kohlensäurerest folgendermaßen bestimmt. Als Aspirator diente eine Wiebel'sche Wasserluftpumpe, durch welche ein Sammelgefäß evacuirt wurde; öffnete man sodann einen an dem letzteren befindlichen Stellhahn, so konnte man einen ganz konstanten Strom von Luft durch die zwischen dem Diffuseur und dem Aspirator liegenden Absorptionsgefäße hindurchsaugen. Die Absorptionsgefäße bestanden a) aus einem Schwefelsäurerohr, um die Luft von Wasserdampf zu befreien; b) aus 3 Kugelapparaten, wie sie zu Absorption des Wassers beim Gebrauch des Pettenkofer'schen Respirationsapparates üblich sind; von denselben waren b_1 und b_2 mit konzentrirter Kalilauge zur Absorption der Kohlensäure, b_3 mit konzentrirter Schwefelsäure zum Zurückhalten des aus den Kaliapparaten mitgerissenen Wassers gefüllt. In dem Bimsteinrohr c wurde die Luft wieder mit Wasserdampf gesättigt, trat dann in das Barytrohr d, um dort, wenn solche noch vorhanden war, die letzte Spur von Kohlensäure abzugeben und passirte endlich die Gasuhr e, welche eingeschaltet wurde, um die Menge der durchzusaugenden Luft kontroliren zu können. Das Barytrohr d diente bei den späteren Versuchen nur als Indikator für den Gang des Luftstromes und als Sicherheitsrohr. Bei den ersten Versuchen war als Kalilauge der Absorptionsgefäße b_1 und b_2 eine Lauge von der bei Elementaranalysen üblichen Konzentration vorgelegt; durch dieselbe gingen aber immer noch Spuren von Kohlensäure bei schnellem Gange des Luftstromes hindurch; als man später eine Kalilauge von öliger Konsistenz vorlegte, ging niemals eine bemerkbare Menge von Kohlensäure in das Barytwasser d über. Allerdings wurde es bei größeren Mengen der zu absorbirenden Kohlensäure wegen der stattfindenden Erwärmung nöthig, die Kaliapparate in Gefäße mit kaltem Wasser einzusenken.

Vor dem Diffuseur A befanden sich Gefäße zur Absorption des Wasserdampfes (f und f_1), und der Kohlensäure (h, g) der durchgezogenen, aus dem Freien entnommenen Luft. Zur Absorption der Kohlensäure waren zuerst Röhren mit Stückchen trocknen Kalihydrats vorgelegt; es zeigte sich jedoch, daß es bei schnellem Gange des Luftstromes, 15 Liter per Stunde, nicht möglich war, auf diese Weise die Luft von Kohlensäure zu befreien. Erst als man einen 75 Centim. hohen Stechheber h mit Glastrümmern füllte und diese vor jedem Versuche mit konzentrirter Kalilauge benetzte (hierzu diente die niemals ganz gesättigte Lauge der Kaliapparate; das Gefäß g hatte nur den Zweck, die aus dem Stechheber abfließende Kalilauge zu sammeln) gelang es, eine vollkommene Kohlensäure-freie Luft herzustellen.

Derselbe Apparat wurde auch in einer etwas anderen Anordnung benutzt, um die durch die Platten diffundirende Kohlensäure in mehreren auf einander folgenden Zeitabschnitten sammeln und getrennt bestimmen zu können. Hierzu füllte man den Apparat mit verschließender Gummikappe wie gewöhnlich mit Kohlensäure, nahm den Diffuseur von dem Kohlensäureapparat ab, entfernte die Kappe von der Platte und zog nun eine, mit einer Gummikappe überzogene Blechkapsel (k) über die Platte. Die Kapsel besaß eine dreifache Durchbohrung für ein Ab- und Zuleitungsrohr und für ein Thermometer. Die Röhren dieser Kapsel waren vor dem Ueberziehen über die Platte (l mit den gefüllten und gewogenen Absorptionsapparaten, m mit den luftzuführenden Apparaten) mit dem Apparat in seinem bekannten Arrangement verbunden; nach dem Ueberziehen der Kappe wurde der Diffuseur in seine horizontale Lage gebracht und nun ein lebhafter Luftstrom durch die Kappe gesogen. Diese Anordnung hatte den Zweck, die gegen die Luft der Kappe diffundirende Kohlensäure sofort nach ihrem Austritt aus dem Diffuseur zu entfernen und fortwährend frische Luft mit der diffundirenden Oberfläche der Platte in Berührung zu bringen. Da das Volumen der Kappe rund 140 Cc. betrug und ein Luftstrom mit 15 Liter Geschwindigkeit per Stunde durch die Kappe geleitet wurde, so fand alle 36 Sekunden eine vollständige Erneuerung der Kappenluft statt, welche genügte, um die Diffusion während des ganzen Verlaufes, wie gegen stets frische Luft stattfinden zu lassen. Nur bei den allerporösesten Materialien, wie Gypsplatten, Papier, Holzquerschnitte trat eine Uebereinstimmung mit dem Verfahren der Diffusion gegen die Zimmerluft, wegen der zu massenhaft abströmenden Kohlensäure nicht ein, bei welchen Versuchen dann auf das gesonderte Auffangen der in bestimmten Zeitabschnitten diffundirenden Kohlensäure verzichtet werden mußte.

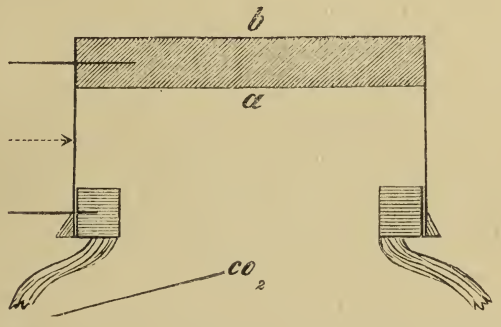
War die für den ersten Versuch bestimmte Zeit verstrichen, so stellte man die Absorptionsgefäße b, b, c durch Quetschhähne ab und öffnete der Luft den Weg durch neue an dem Gabelrohr n angebrachte Apparate u. s. w.

Nach diesem Verfahren wurden die Versuche der Reihe b und c ausgeführt, während bei den späteren von dem Referenten angestellten Versuchen auf die Bestimmung des Kohlensäurerestes in den Diffuseuren zurückgegriffen wurde. In den analytischen Belägen und den Uebersichtstabellen ist durch Beifügung der betreffenden Buchstaben a, b, c, d zu ersehen, welcher Reihe der Versuch angehört. Bei den Versuchen der Reihe c und d ist außerdem noch eine andere Veränderung, das Aufkitten der Platten auf den Diffuseur betreffend, angebracht. Zuerst befestigte man die Platten auf den Diffuseuren, indem man



dieselben auf einen Gummiring aufpreßte und seitlich durch eine Kittschicht mit dem Messingrand des Diffuseurs verband. Hierdurch trat der Uebelstand ein, daß ein Theil der Platte auf dem Messingrand aufliegend, durch den Gummirand verschlossen, nicht als diffundirende Fläche wirken konnte, während die der Atmosphäre ausgesetzte Fläche voll diffundirte. So lange es sich nur darum handelte, vergleichende Versuche anzustellen, konnte dieses nicht in Betracht kommen, wenn die Versuche aber zu absoluten Berechnungen benutzt werden sollten, etwa in der Richtung, wie viel Kubikmeter Kohlensäure diffundiren durch ein Baumaterial von bestimmter Stärke und Oberfläche, so mußten die auf die oben beschriebene Weise gewonnenen Zahlen für einen bestimmten Querschnitt ausgedrückt werden.

Zu dem Zwecke wurde der Apparat so verändert, daß die mit einem Staniolmantel überzogenen Platten in Blechhülsen eingekittet und diese auf die Messingfassung des Diffuseurs aufgesteckt und dort durch Kitt gedichtet wurden. Beistehende Zeichnung zeigt diese Anordnung im Querschnitt.



Hierbei ist Fläche a = b, während nach der ersten Anordnung a < b ist.

Um nun die Versuche der Reihen a und b zu den absoluten Rechnungen benutzen zu können, wurden Controlversuche ausgeführt, welche das theoretisch zu erwartende Resultat ergaben, daß die Diffusionsgröße unter sonst gleichen Umständen dem mittlern Querschnitt proportional ausfällt[1]). Es sind deshalb die Versuche der Reihe a und b auf den Querschnitt $\frac{a+b}{2}$ reducirt. Nachstehende Controlversuche mögen zur Bestätigung hier Platz finden.

	Diffusion.		
	nach b Cubm. CO_2 per Stunde.	nach c Cubm. CO_2 per Stunde.	Diff.
Verblendsteine Tentschenthal	0·0830	0·0918	0·0088
Wandmörtel u. Oelanstrich	0·0578	0·0529	0·0058

Vorstehendes Resultat war zu erwarten, da Schürmann bei seinen Aspirationsversuchen gefunden hatte, daß die Ausflußzeit dem mittleren

1) Dasselbe Resultat erhielt Schürmann (a. a. O) für die Bewegung der Luft unter Druck.

Querschnitt umgekehrt proportional, die aspirirte Luftmenge also direct proportional gewesen war. (III. Jahresbericht der chem. Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege zu Dresden S. 66).

Die Bestimmung des Raums der Diffuseure, welche bei den Reihen a und b durch Auswägung resp. nasse Messung geschehen war, konnte nach der neuen Anordnung nicht wohl mehr mit Genauigkeit auf die gleiche Weise vorgenommen werden. Als ein sehr einfaches Verfahren, den wirklichen Inhalt an Kohlensäure zu bestimmen, hatte man jedoch folgendes zur Verfügung. Der Diffuseur mit einer dichten Platte verschlossen, wurde mit Kohlensäure gefüllt und diese durch die gewogenen Apparate gesogen. Diffuseur I und IV hatten z. B. früher bei den nassen Messungen ein fast genau gleiches Volumen von I 1862 II 1864 gezeigt. Nach der Kohlensäurebestimmung ergab sich

IV.	t = 22·5 b = 755	3·660 Grm. CO_2.
	t = 23·5 b = 752	3·6165 Grm. CO_2.
I.	t = 18·5 b = 756·5	3·7187 Grm. CO_2.
	t = 21·3 b = 755	3·6763 Grm. CO_2.

Als eine 15·4 Cc. Hohlräume besitzende Steinplatte auf den Diffuseur anstatt der dichten Platte aufgesetzt wurde, enthielt derselbe

t = 19 b = 760	3·7600 Grm. CO_2.

Eine Versuchsreihe wurde ausgeführt zur Controlirung, ob man auf dem Wege der Diffusion die nach der Kohlensäurebestimmung des gefüllten Diffuseurs berechnete Kohlensäuremenge wirklich erhielte.

Es sollte z. B. sein J = 3.704 Grm. CO_2. Es diffundirte

1.	Stunde	2·1491 Grm. CO_2.
2.	„	0·9049 „ „
3.	„	0·3651 „ „
4.	„	0·1557 „ „
5.	„	0·0701 „ „
6.	„	0·0349 „ „
7.	„	0·0162 „ „
8.	„	0·0115 „ „
	Summa . .	3·7075 Grm. CO_2.

Das obige Verfahren der Inhaltsbestimmung ist daher für unsere Zwecke als hinlänglich genau zu bezeichnen. Dem Volumen des Diffuseurs wurde bei den Versuchen der Reihen b, c, d dasjenige der Hohlräume der Platten zuaddirt. Die Bestimmung der letzteren (in den großen Tabellen mit Capacität bezeichnet) geschah entweder durch längeres Liegenlassen der Platten im Wasser unter dem

evacuirten Recipienten der Luftpumpe, oder durch Auskochen der Platten in Wasser und nachheriges Wägen der trockenen Platten nach obflächlichem Abtrocknen.

Uebrigens giebt solches Verfahren bei den mit größeren Hohlräumen versehenen Platten kein genaues Resultat, weßhalb auch später bei der Diskussion ein weitergehender Gebrauch von diesen Zahlen nicht gemacht werden konnte. (S. Tabelle Nr. VI., VII., VIII., IX.)

Tabelle Nr. IX.
Versuchsreihe d.

Material.	Inhalt des Diffuseurs.	Capacität der Platte.	Cc. CO_2 diffundirt in der Anfangs-Diffusion p. Stunde.	Querschnitt der Platte. □ Centim.	Cub.-Met. CO_2 diffundirt per □ Met. u. Stunde (corr.)
Nebraer Sandstein A. . .	2039·5	15·5	1487·1	72·38	0·2052
Sollingsandstein IV. . . .	2026·0	1·0	65·3	„	0·0090
Seeberger Sandstein . .	2035·5	11·3	1092·3	„	0·1507
Gypsplatte, gegossen . . .	2080·0	56·0	11860·9	„	1·6368
Dachziegel, sehr locker . .	2010	30·0	3968·8	„	0·5477
Salzmünder poröser Stein	2010	(30)	4246·2	„	0·5860
Weißer Ziegelstein, sehr locker	2010	25	3882·1	„	0·5357
2 Blätter Schreibpapier .	1891	—	17200·5	44·18	3·8873
2 Blätter starkes Cartonpapier	1868	—	176·27	44·18	0·0398

AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION. NOV 1905 UNIVERSITY OF ILLINOIS.

Tabelle Nr. VI. Versuchsreihe (b).

Vol. des Gefäßes 1860 Cc.

Der porösen Scheidewand { Obere Fläche 9·6 Centim. Durchmesser / Untere „ 7·6 „ „ } mittlerer Querschnitt = 58·09 □Centim = $\frac{1}{172·15}$ □M.

Material.	Diffusions-Dauer.	b. millim.	t. °C.	Capacität der Platte Cc.	Zur Berechnung kommen des Volumen.	Diffundirt Grm. CO_2					Tc. CO_2 diffundirt bei b. u. t. des Versuches.	pCt. CO_2 diffundirt.	Berechnete Anfangs-Diffusion pro Minute pCt.	= Cc. CO_2 pro Stunde nach der Anfangsdiff.	mittlerer Querschnitt der Platte □Centim.	Cub. met. CO_2 diff. pro □met. Fläche n. Stunde.	Cub.-met. CO_2 diff. p. □met. n. Stunde b. 1 Cent. Höhe d. Platte a. d. Diff.-Geschwindigkeit v. 0°-760 b. reduz.
						Kaliapparat I.	Kaliapparat II.	Schwefelsäure-Apparat.	CO_2 titrirt.	Summa Grm. CO_2.							
Nebraer Sandstein III. . .	1	753	17	19·0	1879	2·1595	0·1050	0·0540	0·0023	2·3208	1265·5	67·35	68·07		58·09		
„ „ „ . .	1	753	17	—	—	2·1290	0·1720	0·0945	0·0023	2·3978	1307·5	69·53	**1·885**	2123·2	„	0·3655	0·3180
„ „ „ . .	1	753	17	—	—	1·0030	1·0130	0·0670	0·0023	2·3200	1265·1	67·33	14·49		„		
Sollingsandstein II. (neu)	1	753	17	5·0	1865			0·0610	0·0023	0·4453	242·8	13·02	**0·261**	292·1	„	0·0503	0·0432
Nr. 13.	1	753	23	—	—	−0·0845	0·5150	0·1020	0·0023	0·5348	297·6	15·96	71·65		„		
Nebraer Sandstein II. (Nr. 11.)	1	753	17	19·5	1879·5	2·1230	0·2530	0·0880	0·0023	2·4663	1344·8	71·55	**2·079**	2341·1	„	0·4030	0·3486
	1	753	18	—	—	1·8110	0·5130	0·0990	0·0414	2·4644	1348·4	71·74	60 92		„		
Nebraer Sandstein I. (Nr. 10)	1	753	17	18·5	1878·5	1·7290	0·2490	0·1780	0·0023	2·1583	1176·9	62·65	**1·554**	1751·5	„	0·3016	0·2568
	1	753	23	—	—	1·7990	0·1300	0·0665	0 0069	1·9979	1111·7	59·18	65·65		„		
Ziegelstein II. (locker) (Nr. 21)	1	753	17	28·0	1888·0	1·9770	0·0700	0·0840	0·0023	2·1333	1187·1	62·88	**1·765**	1999·4	„	0·3441	0·2934
	1	753	23	—	—	1·6850	4·110	0·1770	0·0483	2·3213	1291·7	68·41	43·10		„		
Rodethaler Sandstein (Weende)	1	753	23	(15)	(1875)	1·2910	0·0430	0·0815	0·0023	1·4178	788·9	42·07	**0·935**	1057·9	„	0·1843	0·1571
	1	753	17	—	—	0·7230	0·5430	0·1710	0.0805	1·5175	827·5	44·13	15·85		„		
Sollingsandstein (Weende) .	1	753	23	(5)	1865	0·4500	−0·0160	0·0835	0·0000	0·5175	288·0	15·44	**0·287**	321·2	„	0·0559	0·0476
	1	753	17	—	—	0·4690	0·0110	0·0760	—	0·5560	303·2	16·26	27·67		„		
Feiner Verblendstein (Klinker) 3	1	753	23	15·0	1875·0	0·724	0·073	0·128	—	0·925	514·7	27·45	**0·538**	605·3	„	0·1042	0·0888
	1	753	17	—	—	0·687	0·146	0·126	—	0·959	522·9	27·89	41·02		„		
Seeberger Sandstein b. (16)	1	753	23	16·0	1876·0	1·1255	0·1680	0·086	—	1·3795	767·6	40·92	**0·876**	986·0	„	0·1697	0·1446
	1	753	17	—	—	1·197	0·148	0·070	—	1·415	771·6	41·13			„		

Chamotteſtein (Salzm.) II. .	1	753	23	19·5	1879·5	1·365	0·1865	0·080	—	1·6315	907·8	48·30	51·30		"		
	1	753	17	—	—	1·092	0·6615	0·118	—	1·8715	1020·5	54·29	**1·192**	1344·2	"	0·2314	0·1972
Porphyr v. Brachwitz 41 .	1	753	20(?)	0	1860	0·037	0·015	0·029	—	0·081	44·6	2·40	2·58		"		
	1	753	20(?)	—	—	0·051	—0·016	0·058	—	0·093	51·2	2·75	**0·043**	47·8	"	0·0082	0·0070
Chamotteſtein IV.	1	753	23	19·5	1879·5	1·607	0·073	0·060	—	1·740	968·2	51·51			"		
	1	753	23			1·685	0·069	0·077	—	1·831	1018·8	54·25	52·84		"		
	1	762·5	20			1·795	0·027	0·042	—	1·864	1014·0	53·95	**1·245**	1405·0	"	0·2419	0·2081
	1	762 5	21			1·560	0·182	0·037	—	1·779	971·0	51·66			"		
Verblendſtein (Teutſchenthal)	1	760	23	20·0	1880	0·783	0·044	0·041	—	0·868	478·5	25·45	25·66		"		
	1	760	17	—	—	0·835	—0·024	0·089	—	0·900	486·2	25·86	**0 493**	556·1	"	0·0957	0·0830
Maſchinenpreßziegel, ſchwach gebrannt	1	760	17	20·5	1880·5	1·432	0·485	0 090	0·025	2·032	1097·8	58·38	59·13		"		
	1	760	19	—	—	1 933	0·102	0·035	—	2·070	1126·0	59 88	**1·480**	1669·8	"	0·2875	0·2531
Porphyr (Saalufer) . . .	1	760	17	0	1860	0·043	—0·030	0 107	—	0·120	64·8	3·48	2·98		"		
	1	760	17	—	—	0 004	—0·025	0·106	—	0·085	45·9	2·47	**0·050**	55·8	"	0·0096	0·0085
Verblendſtein Salzmünde (Klinker) I.	1	762·5	23	23·0	1883·0	0·834	—0·021	0·103	—	0·916	503·4	26·73	26·35		"		
	1	756·5	20	—	—	0·846	—0·037	0·083	—	0·892	489·1	25·97	**0 508**	573·9	"	0·0988	0·0850
Chamotteſtein locker. I. . .	1	756·5	20	21·5	1881·5	1·7505	0·142	0·206	0·0598	2·1583	1183·4	62·90	59 99		"		
	1	756·5	22·5	—	—	1·7350	0·107	0·040	0·0598	1·9418	1073 7	57·07	**1·515**	1710·3	"	0·2945	0·2495
Verblendſtein, ſchw. gebr. (18)	1	756·5	22·5	(17)	(1877)	1·231	0·026	0·056	—	1·313	726·0	38·68	39·08		"		
	1	756·0	23·0	—	—	1·268	0·005	0·064	—	1·337	741·0	39·48	**0·823**	926·9	"	0·1596	0·1344
Handziegel III. (20) . . .																	
	1	748	17·5	24	1884	1·904	0·048	0·034	—	1·986	1092·0	57·96	59·24		"		
	1	756	23	—	—	1·862	0·060	0·110	0·025	2·057	1140·1	60·52	**1·485**	1678·6	"	0·2890	0·2457
Ziegelſtein, ſchwach gebr. (19)	1	761	17	(24)	1884	1·908	0 114	0·076	—	2·098	1132·0	60·09	59 03		"		
	1	761	19	—	—	1·753	0·205	0·048	0·004	2·010	1091·9	57·96	**1·476**	1668·5	"	0·2872	0·2535
Verblendſtein, ſtark gebr. 4.	1	748	17 5	(15)	(1875)	1·158	0·037	0·0945	—	1·2895	709·1	37·82	36·39		"		
	1	748	17·0	—	—	1·108	0·031	0·055	—	1·194	655·4	34·96	**0·751**	844·9	"	0·1454	0·1249

Tabelle Nr. VII.

Versuchsreihe (b)

Vol. des Gefäßes 1860 Cc.

Dimensionen der porösen Scheidewand wie bei Tabelle VI.

Material.	Diffusions-Dauer. Stunden.	b. millim.	t. °C.	Capacität der Platte	Zur Berechnung kommendes Volumen der Diffuseure.	Diffundirt CO^2. Kaliapparat I.	Kaliapparat II.	Schwefelsäure-Apparat.	CO_2 titrirt.	Summa CO_2.	Cc. CO_2 diffundirt bei b u. t des Versuches.	% CO_2 diffundirt.	Berechnete Anfangsdiffusion per Minute %	= Cc. CO_2 per Stunde.	Mittlerer Querdurchschnitt der Platte □ Cent.	Cub.-Met. CO_2 diffundirt per □ Met. u. Stunde.	Cub.-Met. CO_2 diff. p. □ Mt. u. Std. reduzirt auf die Diffusionsgeschwindigkeit bei 0°-760b.
Verblendstein hart (rissig) (5)	1	748	17	15	1875	0·915	0·111	0·060	—	1·086	596·1	31·79	32·88		58·09		
	1	758	17	—	—	1 080	— 0·009	0·098	—	1·169	633·2	33·77	**0·662**	744·8	58·09	0·1231	0·1071
Handziegel II. (18) . . .	1	758	17	28	1888	1·954	0·438	0·080	—	2·482	1344·5	71·21	70·55		58·09		
	1	758	19	—	—	2·000	0·335	0·084	—	2 419	1319·3	69·88	**2·017**	2284·8	58·09	0·3933	0·3444 [1])
Handziegel III. (20) mit einfachem Oelanstrich . . .	1	758	18	24	1884	1·3975	0·034	0·046	—	1·4775	803·1	42·63	**0·922**	1042·2	58·09	0·1794	0·1572
	1			—	—	—											
Handziegel II. (18) mit Tapete überzogen.	1	762	15	28	1888	1·814	0 442	0·0665	—	2·3225	1242·9	65·83	66·59		58·09		
	1	758	17	—	—	1·9875	0·313	0 046	—	2·3465	1271·5	67·35	**1·811**	2051·5	58·09	0·3532	0·3152
Handziegel (22)	1	760	16	28	1888	1·754	0·219	0·063	—	1·986	1069·3	56·64	56·40		58·09		
	1	760	16	—	—	1·8345	0.077	0 0575	—	1·969	1060·2	56·15	**1·374**	1556·5	58·09	0·2680	0·2392 [2])
Handziegel (23) 5·6 Centim. stark	1	762	15	15·7	2017	0·964	0·1015	0·1295	—	1·1950	639·5	31·70	29·73		58·09		
	1	761	15	—	—	1·008	— 0·007	0·043	—	1·0440	559·5	27·74	**0·586**	709·2	58·09	0·1221	0·1103
Chamottestein (Salzmünde) mit Glanz-Tapete (8) . .	1	763	18	19·5	1879·5	1·1045	— 0·006	0·087	—	1·1855	640·1	34·04	33·63		58·09		
	1	763	17	—	—	1·040	0·022	0·054	—	1·1160	624·2	33·21	**0·681**	768·0	58·09	0·1323	0 1177
Verblendstein Teutschenthal mit Oelanstrich (6) einfach	1	763	18	20	1880	0·553	0·152	0·099	—	0·8040	434·1	23·09	22·48		58·09		
	1	763	17	—	—	0·683	0·0215	0·0595	—	0·7640	411·1	21·87	**0·424**	478·3	58·09	0·0823	0·0733
Seeberger Sandstein mit einfachem Oelanstrich (16) .	1	751	14	16	1876	0·8205	0·0090	0·0545	—	0·884	478·4	25·50	24·83		58·09		
	1	751	16		—	0·798	0·003	0·034	—	0·832	453·3	24·16	**0·475**	534·7	58·09	0 0921	0·0808
Wandbeschlag, Zimmerdecke (24) mit Kalkanstrich . .	1	751	16	(30)	1890	2·381	0·1825	0·043	—	2·6065	1420·2	75·14	**2·293**	(2·410)	58 09		
	½	751	17	—	—	1·3335	0·4925	0·026	—	1·852	1012·2	53·58	**2·526**	2732 9	58·09	0·4705	0·4086 [3])

Wandbeschlag, Mauerbewurf	½	750	18·5	(30)	(1880)	1·655	0·049	0·064	0·0184	1·768	972·9	51·48	52·67		58·09			
1 Centim. (25)	½	750	17·5	—	—	1·677	0·075	0·104	0·0092	1·856	1017·8	53·85	**2·463**	(2·547)	58·09			
	1	747	18	—	—	2·096	0·500	0·169	—	2·7834	1535·2	81·22	79·81	2888·3	58·09	0·4972	0·4250	
	1	747	17	—	—	2·0905	0·474	0·122	—	2·6957	1481·7	78·40	**2·631**		58·09			
Wandbeschlag eines Hauses	1	750	17·5	(18)	1888	0·6170	0·0025	0·032	—	0·6515	357·2	19·10	18·76		58·09			
mit altem Oelanstrich (38)	1	750	18·5	—	—	0·5945	0·0050	0·032	—	0·6315	347·5	18·41	**0·346**	391·9	58·09	0·0675	0·0578	
Nebraer Sandstein I. (10)	1	747	17	18	1878·5	0·5745	0·610	0·095	—	1·2795	703·3	37·44	38·67		58·09			
mit Gl. Tapete	1	752	16	—	—	0·992	0·2105	0·175	—	1·3775	749·6	39·90	**0·812**	915·2	58·09	0·1576	0·1365	
Verblendstein (Salzmünde) (1)	1	752	15	23	1883	0·009	— 0·028	0·114	—	0·095	51·5	2·73	2·37		58·09			
mit Wasserglasanstrich .	1	752	16	—	—	—	— 0·011	0·080	—	0·069	37·6	2·00	**0·040**	37·7	58·09	0·0065	0·0057	
Seeberger Sandstein (6) mit	1	754	16	16	1876	—0·090	—	0·124	—	0·034	18·5	0·99	1·41		58·09			
doppeltem Oelanstrich .	1	740	13	—	—	—0·0645	—	0·127	—	0·0625	34·2	1·82	**0·024**	34·1	58·09	0·0058	0·0051	
Maschinenziegel (17) mit	1	740	15	20·5	1880·5	0·358	0·125	0·193	—	0·676	372·5	19·81	**0·368**	415·2	58·09	0·0715	0·0610	
Wasserglasanstrich . . .	1	740	18	—	—	0·284	0·0385	0·154	—	0·4765	265·3	14·11	**0·253**	285·5	58·09	0·0491	0·0410	
Cementplatte (gegossen) (27)	1	740	15	18	1878	1·5025	0·2515	0·155	—	1·9090	1052·0	56·02	55·96		58·09			
	1	740	16·5	—	—	1·648	0·138	0·109	—	1·895	1049·9	55·90	**1·358**	1530·2	58·09	0·2634	0·2229	
Lehmwand (Wellerwand) 5	1	740	16·5	125	1980	1·882	— 0·687	0·0965	—	1·2915	715·4	36·12	36·28		58·09			
Centimeter stark (28) . .	1	744	16	—	—	1·190	0·050	0·0715	—	1·3115	721·3	36·43	**0·748**	887·6	58·09	0·1528	0·1300	
Chamottesteine locker (17) mit	1	744	16	21·5	1881·5	1·198	0·077	0·112	—	1·387	762·8	40·54	**0·863**	974·2	58·09	0·1677	0·1479[4])	
Wasserglasanstrich . . .	1	744	17	—	—	0·935	0·004	0·063	—	1·002	553·0	29·39	**0·578**	652·4	58·09	0·1123	0·0954	
	1	750	16·5			0·393	0·005	0·044	—	0·443	242·1	12·87	**0·229**	258·5	58·09	0·445	0·0385	
Alabaster (29)	1	744	17	0	1860	—0·001	0·005	0·063	—	0·067	37·0	2·00	**0·033**	37·2	58·09	0·0064	0·0054	
Muschelkalkplatte (32) . . .	1	750	15	0	1860	—0·000	0·032	0·147	—	0·169	91·9	4·94	**0·082**	91·9	58·09	0·0158	0·0139	
Marmor aus Schlesien . .	1	743	17	0	1860	—0·012	— 0·046	0·1065	—	0·0485	26·8	1·44	**0·026**	26·8	58·09	0·0047	0·0040	
Verblendstein (6) Teutschen-																		
thal mit doppeltem Oel-																		
anstrich	1	743	17	20	1860	—0·027	— 0·041	0·126	—	0·058	32·1	1·73	**0·029**	32·2	58·09	0·0056	0·0048	
Klinker mit dünner Tapete (4)	1	757	14	15	1875	0·920	0·058	0·072	—	1·050	563·7	30·07	29·36		58·09			
	1	754	13	—	—	0·899	0·043	0·058	—	1·000	537·1	28·65	**0·578**	650·3	58·09	0·1120	0·1007	
Nebraer Sandstein II. (11)	1	757	14	19·5	1879·5	1·743	0·242	0·086	—	2·071	1111·8	59·16	59·89		58·09			
mit dünner Tapete . . .	1	754	13	19·5	1879·5	1·819	0·189	0·109	—	2·117	1137·1	60·51	**1·511**	1704·0	58·09	0·2934	0·2636	

1) Der Stein, befeuchtet, erlangte in 4 Tagen seine volle Porosität wieder.

2) Diente zu den Befeuchtungs-Versuchen.

3) Die Platte war nur 0·71 Centim. stark.

4) Bei längerem Liegen wurde der Wasserglasanstrich immer undurchlassender.

Tabelle Nr. VIII. Versuchsreihe (c).

Durchmesser der Platten 9·6 Centim. Grundfläche = 72·38 □Centim. = $\frac{1}{138}$ □M.

Vol. des Gefäßes a = 3·660 g CO_2 b 22·5° t und 755 b
b = 3·6165 „ „ 23·5 „ „ 752 „ } 2023 Cc. = J.

Nr. der Steine.	Material.	b. millim.	t. °C	Capacität des Steines Cc.	Zur Berechnung kommendes Volumen J + Capac.	Diffundirt Grm. CO_2 1. Stunde.	2. Stunde.	Summa in 2 Stunden.	Cc. CO_2 diffundirt bei b. u. t. des Versuches.	pCt. CO_2 diffundirt.	Berechnete Anfangsdiffusion pro Minute pCt.	= Cc. CO_2 pro Stunde.	Mittlerer Querschnitt der Platten □Centim.	Cub.-met. CO_2 diff. pro □met. u. Stunde.	Cub.-met. CO_2 diff. p. □met. u. Stunde 1 Centim. Höhe d. Platte a. d. Diff.-Geschwindigkeit von 0°-760 b. reducirt.
I.	Verblendstein (Teutschenthal)	751	23·5	22·6	2045·6	1·1645	0·8135	1·978	1104·9	54·03			72·38		
		758	23	—	—	1·207	0·785	1 992	1101·0	53·82	53·93	792·1	72·38	0·1093	0·0918
		756	22	—	—	1·222	0·776	1·998	1103·3	53 94	**0·647**		72·38		
II.	Muschelkalkplatte	756	22·5	0	2023	0·071	0·052	0·123	68·1	3·37	**0·029**	35·2	72·38	0·0049	0.0041
III.	Thonplatte	756	20	19·2	2042·2	1·319	0·851	2·170	1169·5	57·27	59·00		72·38		
		754	21	—	—	1·387	0·861	2·248	1240·1	60·72	**0·740**	906·7	72·38	0·1251	0·1068
IV.	Maschinenpreßziegel . . .	750	22	20·7	2043·7	1·3505	0·791	2·1415	1190·6	58·26	59·34		72·38		
		748	20·5	—	—	1·374	0·8495	2·2235	1234·9	60·42	**0·747**	913·0	72·38	0·1260	0.1045
V.	Franz. Sandstein (sehr locker)	753	21	28·8	2051·8	3·0615	0·5005	3·561	1967·1	95·87	95 56		72·38		
		750	21·5	—	—	3·0025	0·513	3·5155	1954·4	95·25	**2 562**	3153·8	72·38	0·4352	0·3661
VII.	Sächs. Sandstein . . .	749	22	21·3	2044·3	2·435	0·823	3·258	1815·8	88·82	88·15		72·38		
		747	23	—	—	2·3605	0·828	3·1885	1788·4	87·48	**1·762**	2161·2	72·38	0·2984	0·2467
VIII.	Handziegel (3) stark gebrannt	750	23	21·9	2044·9	2·0505	0.818	2·8685	1602·5	78·37	78·96		72·38		
		749	23·5	—	—	2·007	0·8975	2 9045	1626·7	79·55	**1·2906**	1583·5	72·38	0·2185	0·1804
IX.	Porphyr (Petersberg) . .	749	24	0	2023	0·020	0·028	0·048	26·8	1·33	**0·011**	13·4	72·38	0·0018	0.0015
X.	Schiefer (englisch) . . .	754	22	0	2023	0·005	0·0095	0·0145	8·0	0·40	0·0033	4·0	72·38	0·0006	0.0005
XI.	Verblendstein, schw. gebr. (18)	754	21	22·6	2045·6	1·443	0·825	2·268	1251·9	61·20	61·93		72·38		
		755·5	20	—	—	1·4455	0·889	2·3345	1281·7	62·66	**0·802**	984·3	72·38	0·1358	0·1159

XII.	Cementplatte	751	22	17·9	2050·9	1·496	0·841	2·337	1299·5	63·31	63·08		72·38			
		751	22	—	—	1·479	0 839	2·318	1288·9	62·85	**0 827**	1017·7	72·38	0·1404	0·1174
XIII.	Wandmörtel	757	22	(28)	2051	2·926	0·578	3·504	1932·9	94·24	94·64		72·38			
		756	23·5	—	—	2.990	0·521	3·511	1949·1	95·03	**2 409**	2964·5	72·38	0·3091	0·2618
XIV.	Alabaster	754	22·5	0	2023	0·013	0·0175	0.0305	16·9	0·83	**0·0069**	8·4	72·38	0·0012	0·0010
XV.	Wandmörtel mit altem Oelfarbenanstrich	754	22·5	(10)	2033	0·733	0·598	1·331	738·4	36·32	35·37		72·38		
		755	19·5	—	—	0·7125	0·563	1·2755	699·5	34·41	**0·363**	442·8	72·38	0·0611	0 0520
XVI.	Handziegel (3) mit Oelfarbenanstrich	752	20	219	2044·9	1·977	0·904	2·881	1589·1	77·71	77·74		72·38		
		751	21	—	—	1·938	0·932	2·870	1590·5	77·77	**1 244**	1526·3	72·38	0·2106	0·1784
XVII.	Chamotte (Salzmünde) III .	754	21·5	215	2044·5	2·1825	0·867	3·0495	1686·1	82·47	81·56		72 38		
		752	24	—	—	2·090	0·859	2·9490	1648·6	80·64	**1·399**	1716·2	72·38	0·2368	0·1978
XVIII.	Gypsfußboden II	750	24·5	(20)	2043	1·206	0·782	1·988	1116·2	54·64	54 63		72·38		
		754	23	—	—	1·184	0 824	2·008	1115·9	54·62	**0·656**	804·1	72·38	0·1110	0·0918
XIX.	Verblendstein, porzellanartig	754	25	19 5	2042·5	0·921	0·653	1·574	880·5	43·19	43·20		72·38		
		751	25	—	—	0·919	0·652	1·571	882·4	43·20	**0·456**	558·8	72 38	0·0771	0·0635
XX.	Ziegel, schwach gebr. . . .	750	25	24·1	2047·1	2·552	0·741	3·293	1852·0	90·47	89·85		72·38		
		745	22·5	—	—	2·492	0·761	3·253	1826·5	89·22	**1·888**	2319·0	72·38	0·3110	0·2545
XXI.	Handziegel (2)	758	22	26·8	2049·8	2·613	0·696	3·309	1823·0	88.94	89·46		72·38		
		759	23·5	—	—	2·593	0·742	3 335	1844·1	89·97	**1·858**	2285·1	72·38	0 305	0·2588
XX + XIII.	Ziegel + Mörtel	751	23·5	52·1	2075·1	1·935	0·9165	2·8515	1593·6	76·80	77·21		72·38		
		751	23·5	—	—	1·980	0·902	2·882	1610·6	77·62	**1·225**	1525·2	72·38	0·2105	0·1743
X + XI.	Maschinenziegel + Klinker .	742	22	43·3	2066	0·974	0·724	1·698	942·2	45·61	45·73		72·38		
		753	21	—	—	1·027	0·686	1·713	946·8	45·84	**0·508**	629·7	72·38	0·0869	0·0722
XXI.	Handziegel mit dünner Tapete	756	20	26·8	2049·8	2·309	0·867	3·176	1742·6	85·01	84·22		72·38		
		757	21	—	—	2·292	0·818	3·110	1709 9	83 42	**1·527**	1878·0	72·38	0·2591	0·2124
XX.	Ziegel, schwach gebr., mit starker Glanztapete . .	756	20	24·1	2047·1	1·637	0·969	2·606	1430·0	69·85	68·73		72·38		
		756	21	—	—	1·574	0·940	2·514	1384·0	67·60	**0 964**	1184·0	72·38	0·1634	0·1399
XVII.	Chamottestein mit starker Glanztapete	752	23	21·5	2044·5	1·815	0·829	2·637	1469·3	71·87	71·96		72·38		
		751	23·5	—	—	1·830	0·803	2·633	1472·9	72·04	**1·054**	1292·9	72·38	0·1784	0·1486

Diskussion der gewonnenen Resultate.

I. Theil. Allgemeines über die Diffusion der Kohlensäure durch poröse Scheidewände.

Da die Versuche ein reichhaltiges Material zur Besprechung der obenstehenden Frage — gewissermaßen nebenbei gewonnen — enthielten, so bedurfte es nur der Ergänzung in wenigen Richtungen, um dasselbe zu vervollständigen. Die umfassende Kenntniß des Verlaufes der Diffusion von Kohlensäure gegen atmosphärische Luft durch poröse Scheidewände war aber nothwendig, um die Methode der Diffusion überhaupt brauchbar für die vergleichende Beurtheilung der Durchlässigkeit verschieden poröser Medien zu machen.

So war es nicht möglich, ie Versuche sämmtlich in gleichen Zeitabschnitten auszuführen, durch ein dichtes Medium diffundirte die Kohlensäure sehr langsam — die Versuche mußten daher lange Zeit dauern, bevor Diffusionsgrößen erhalten wurden, welche außerhalb der natürlichen Fehlergränze der Versuche lagen; bei poröseren Medien würde dagegen in derselben Zeit der gesammte Inhalt der Diffuseure durch die Scheidewände gegen atmosphärische Luft ausgetauscht sein. Es war daher nothwendig, die Gesetzmäßigkeiten kennen zu lernen, nach denen sich die in verschiedenen Zeiträumen ausgeführten Versuche auf dieselbe Zeiteinheit beziehen ließen. Außerdem wurde sogleich die Erkenntniß gewonnen, daß die Methode der Diffusion streng genommen nur in der unendlich kleinen Zeit bei verschieden porösen Medien genaue Vergleichbarkeit zuläßt, daß demnach die in größeren Zeitabschnitten ausgeführten Versuche auf die Diffusion in einem ersten, sehr kleinen Zeitabschnitt reduzirt werden mußten u. s. w.

I. Fall. Wenn durch ein poröses Medium in der ersten Zeiteinheit $= t_1$ von einem in dem Diffuseur enthaltenen Gasvolumen y, eine Menge von x Raumtheilen diffundirt, wie groß ist die Diffusion in der t_1 gleichen zweiten Zeiteinheit t_2, u. s. w. für t_3, t_4 bis t_n?.

Spezielles Zahlenbeispiel: von 100 Theilen im Diffuseur enthaltener Kohlensäure seien in der ersten Stunde 50 Theile diffundirt, wie viel werden in der nun folgenden zweiten Stunde diffundiren?

Wenn in der ersten Zeiteinheit t_1 von dem im Diffuseur vorhandenen Gasvolumen y eine Menge von x Raumtheilen diffundirt, so wird zu Beginn der zweiten Zeiteinheit t_2 in dem Diffuseur

$$y - x = y_1$$

von der ursprünglichen Füllung des Diffuseurs vorhanden sein. Wenn nun von dem ursprünglichen Gasvolumen y zuerst $\frac{x}{y}$ Raumtheile also

$$y \frac{x}{y} = x$$

diffundirten, so wird, da ein Gasgemisch sich genau so verhält, als ob jedes einzelne der Gase den Raum allein erfüllte, die Diffusion in demselben Verhältniß $\frac{x}{y}$ in der zweiten Zeiteinheit fortschreiten, mit welchem sie in der ersten begonnen, d. h., wenn in der ersten Zeiteinheit:

1) $$y\,\frac{x}{y} = \text{Diff. } t$$

Raumtheile diffundirten, werden in der zweiten von dem gebliebenen Rest $y_1 = y - x$ ebenfalls $\frac{x}{y}$ Theile also

2) $$y_1\,\frac{x}{y} = (y - x)\,\frac{x}{y} = \text{Diff. } t_2 = \frac{yx - x^2}{y}$$

diffundiren.

Zu Beginn der dritten Zeiteinheit t_3 werden von dem ursprünglichen Gasvolumen noch $y_2 = y - (\text{Diff. } t_1 + \text{Diff. } t_2)$ Raumtheile der ursprünglichen Gasmenge vorhanden sein und davon werden wiederum $\frac{x}{y}$ Theile also

$$y_2\,\frac{x}{y} = \text{Diff. } t_3$$

diffundiren; oder da $y_2 = y - (\text{Diff. } t_1 + \text{Diff. } t_2)$ ist

$$\left\{y - (\text{Diff. } t_1 + \text{Diff. } t_2)\right\}\frac{x}{y}$$

Nun ist aber: $$\text{Diff. } t_1 = x$$

$$\text{Diff. } t_2 = \frac{yx - x^2}{y}$$

Diese Werthe in die obige Gliederung eingeführt, ergiebt

$$\left\{y - \left(x + \frac{yx - x^2}{y}\right)\right\}\frac{x}{y} = \text{Diff. } t_3$$

Dieser Ausdruck läßt sich folgendermaßen vereinfachen:

$$\frac{y^2 - yx - yx + x^2}{y}\,\frac{x}{y}$$

$$= \frac{(y^2 - 2yx + x^2)\,x}{y^2}$$

$$= \frac{(y - x)^2\,x}{y^2} = \text{Diff. } t_3$$

Auf demselben Wege gelangen wir zu dem Werthe von Diff. t_4:

$$= \left\{y - (\text{Diff. } t_1 + \text{Diff. } t_2 + \text{Diff. } t_3)\right\}\frac{x}{y}$$

$$= \frac{\left\{y - \left(x + \frac{yx - x^2}{y} + \frac{(y - x)^2 x}{y^2}\right)\right\}x}{y}$$

$$= \frac{\left\{y - \left(x + \frac{yx - x^2}{y} + \frac{y^2x - 2yx^2 + x^3}{y^2}\right)\right\}x}{y}$$

$$= \frac{(y^3 - y^2x - y^2x + yx^2 - y^2x + 2yx^2 - x^3)\,x}{y^3}$$

$$= \frac{(y^3 - 3y^2x + 3yx^2 - x^3)\,x}{y^3}$$

$$= \frac{(y - x)^3 x}{y^3} = \text{Diff. } t_4$$

Die bisher gewonnene Reihe heißt nun:

1) $\text{Diff. } t_1 = x$

2) $\text{Diff. } t_2 = \frac{(y-x)\,x}{y}$

3) $\text{Diff. } t_3 = \frac{(y-x)^2 x}{y^2}$

4) $\text{Diff. } t_4 = \frac{(y-x)^3 x}{y^3}$

Hieraus ergiebt sich das allgemeine Glied

n) $\text{Diff. } t_n = \frac{(y-x)^{n-1} x}{y^{n-1}}$

Um die allgemeine Gültigkeit des vorstehenden Gesetzes zu beweisen, muß dasselbe auch für die Diffusion in der t_{n+1} Zeiteinheit mit der abgeleiteten Formel übereinstimmen, so daß:

$$\text{Diff. } t_{n+1} = \frac{(y-x)^n x}{y^n} \text{ ist}$$

Nach den vorher gegebenen Ausführungen muß $\text{Diff. } t_{n+1} =$

$$\left[y - \left\{ x + \frac{(y-x)\,x}{y} + \frac{(y-x)^2 x}{y} + \frac{(y-x)^3 x}{y} \ldots\ldots + \frac{(y-x)^{n-1} x}{y^{n-1}} \right\} \right] \frac{x}{y}$$

sein; die Glieder in der Klammer $\{\}$ bilden aber eine geometrische Reihe, deren Summe durch den allgemeinen Ausdruck

$$\frac{x\,(c^n - 1)}{c - 1}$$

gegeben wird. Für unseren speziellen Fall erhalten wir hieraus (vergleiche die Entwickelungen des nächsten Abschnitts)

$$\text{Diff. } t_{n+1} = \frac{x}{y}\left[y - \left\{ y\,(1 - \frac{(y-x)^n}{y} \right\} \right]$$

$$= \frac{x}{y}\left[y - \left\{ y - y\frac{(y-x)^n}{y} \right\} \right]$$

$$= \frac{x}{y}\left[y - y + y\frac{(y-x)^n}{y} \right]$$

$$= \frac{x}{y}\left[\frac{y\,(y-x)^n}{y^n} \right]$$

$$\text{Diff. } t_{n+1} = \frac{x\,(y-x)^n}{y^n}$$

Und damit wäre die Allgemeinheit des Gesetzes bewiesen.

Die experimentelle Bestätigung der im Vorstehenden entwickelten Gesetzmäßigkeit war leicht mit Hülfe der Anordnung des Apparates zu führen, wo es möglich war, die in bestimmten Zeitabschnitten diffundirenden Kohlensäuremengen getrennt aufzufangen. Von den zahlreichen in dieser Richtung ausgeführten Versuchen mögen nur folgende hier Platz finden.[1])

1) Die übrigen sind aus den Zahlen der Tabellen leicht abzuleiten.

I. (d). Weißer Klinker 1 Cm. stark.

Von 100 Theilen der im Diffuseur enthaltenen Kohlensäure diffundirte

1. Stunde . . . . . 26·51 pCt.
2. Stunde . . . . . 19·54 „

für die zweite Stunde berechnet sich nach $\frac{(y - x)\,x}{y} = \frac{(100 - 26{\cdot}51)\,26{\cdot}51}{100}$

2. Stunde = **19·48** (ber.).

II. (d). Handziegel schwach gebrannt 1 Cm. stark.

	gefunden	berechnet	Differenz
1. Stunde	62·74 pCt.	—	—
2. „	23·33 „	23·38	− 0·05
3. „	8·58 „	8·71	− 0·13
4. „	3·08 „	3·25	− 0·17
5. „	1·11 „	1·21	− 0·10
6. „	0·42 „	0·45	− 0·03

III. (d). Nebraer Sandstein 1 Cm.

	gefunden	berechnet	Differenz
1. Stunde	57·63 pCt.	(57·63)	—
2. „	24·40 „	24·42	− 0·02
3. „	10·32 „	10·35	− 0·03
4. „	4·39 „	4·38	+ 0·01
5. „	1·89 „	1·86	+ 0·03
6. „	0·94 „	0·79	+ 0·15
7. „	0·44 „	0·33	+ 0·11
8. „	0·31 „	0·14	+ 0·17

Auch für die stärkeren Platten wurde dasselbe Gesetz bestätigt gefunden.

IV. (d). Nebraer Sandstein 2 Cm.

	gefunden	berechnet	Differenz
1. Stunde	37·13 pCt.	(37·13)	—
2. „	23·95 „	23·34	+ 0·61
3. „	14·76 „	14·68	+ 0·08
4. „	8·86 „	9·23	− 0·37

V. (d) Nebraer Sandstein 3 Cm.

	gefunden	berechnet	Differenz
1. Stunde	28·16 pCt.	(28·16)	—
2. „	20·05 „	20·23	+ 0·18
3. „	14·28 „	14·53	+ 0·25
4. „	10·00 „	10·52	+ 0·42

VI. (d.) Nebraer Sandstein 4 Cm.

	gefunden	berechnet	Differenz
1. Stunde	24·13 pCt.	(24·13)	—
2. „	18·04 „	18·31	− 0·27

VII. (d). Seeberger Sandstein.

	1. Stunde	2. Stunde	berechnet	Differenz
1 Centimeter stark	47·75	25·12	24·85	+ 0·27
2 " "	33·21	22·52	22·18	+ 0·34
3 " "	22·46	17·32	17·42	− 0·10
4 " "	17·94	14·76	14·72	+ 0·04

Jedoch die vorstehenden Beispiele mögen zur experimentellen Bestätigung der oben entwickelten Gesetzmäßigkeit genügen; wenn man die Diffusionsgröße für irgend einen ersten Zeitabschnitt kennt, kann man ohne Weiteres diejenige für jeden folgenden daraus berechnen, denn die Diffusion setzt sich in demselben Verhältniß, wie sie zu dem ursprünglichen Gasvolumen im ersten Zeitabschnitt begonnen, in dem folgenden (gleichen) zu dem gebliebenen Rest weiter fort.

Wenn z. B. von 100 Theilen ursprünglich im Diffuseur vorhandenen Gases im ersten Zeitabschnit t_1 50 Theile = $^1/_2$ diffundiren, so werden in dem zweiten Zeitabschnitt t_2 (= t_1) von dem im Diffuseur verbliebenen Gasvolumen wieder

$$\frac{50}{100} \text{ Theile} = \frac{1}{2} \text{ also}$$

$$\text{Diff. } t_2 = (100 - 50)\,\frac{1}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ Theile.}$$

diffundiren. In den ersten 2 Stunden sind aber 50 + 25 Theile = 75 von 100 diffundirt; in den nun folgenden 2 Stunden werden

$$(100 - 75)\,\frac{1}{2} = \frac{25}{2} = 12{\cdot}5 \text{ Theile}$$

diffundiren ꝛc.

Das oben entwickelte Gesetz bot eine willkommene Kontrole für die Resultate der Diffusionsversuche; nach demselben konnte man die Diffusion des zweiten Zeitabschnitts aus derjenigen des ersten im Voraus berechnen. Für die Präzision, mit welcher unser Apparat arbeitete, ist es übrigens bezeichnend, daß in keinem Fall für spätere Zeitabschnitte ein von dem, aus dem ersten Zeitabschnitt berechneten, abweichendes Resultat erhalten wurde.

Aus den bisher gegebenen Erörterungen folgt auch, daß es für die Feststellung der Permeabilität irgend eines porösen Materials für eine bestimmte Gasart gleichgültig ist, ob diese Gasart rein oder mit einer andern verdünnt (natürlich in einem bekannten Verhältniß) im Diffuseur vorhanden war; denn aus der Relation zu dem ursprünglich vorhandenen Gasvolumen kann man ohne Weiteres auf die Diffusionsgröße des unverdünnten oder in einem andern Verhältniß verdünnten Gases schließen.

II. Fall. Wenn in einer Zeiteinheit t_1 von dem in dem Diffuseur vorhandenen Gasvolumen y, x Theile diffundiren, wie stellt sich die Summe der Diffusion in jedem beliebigen Vielfachen dieser ersten Zeiteinheit?

Spezielles Zahlenbeispiel. In der ersten Stunde seien 50 Theile

von 100 Theilen vorhandener Kohlensäure diffundirt, wie groß wird die Diffusion in 5 Stunden sein?

Die Beantwortung dieser Frage folgt aus den Erörterungen des vorhergehenden Abschnitts.

Man kennt nach demselben die Diffusion im 1., 2. und 3. . . . . nten Zeitabschnitt.

Für gleiche Zeitabschnitte bilden aber die Glieder

$$x + \frac{(y-x)x}{y} + \frac{(y-x)^2 x}{y} + \frac{(y-x)^3 x}{y}$$
$$\ldots\ldots \frac{(y-x)^{n-1} x}{y^{n-1}}$$

eine geometrische Reihe, deren Summe durch den allgemeinen Ausdruck

$$S_n = x \frac{c^n - 1}{c - 1}$$

gegeben wird.

Für unseren speziellen Fall haben wir also:

$$S_n = \frac{x\left(\frac{y-x}{y}\right)^n - 1}{\frac{y-x}{y} - 1}$$
$$= \frac{x\left\{\frac{(y-x^n) - y^n}{y^n}\right\}}{\frac{y-x-y}{y}}$$
$$= \frac{x\left\{(y-x)^n - y^n\right\}}{-xy^{n-1}}$$
$$= \frac{x\left\{y^n - (y-x)^n\right\}}{xy^{n-1}}$$
$$S_n = \frac{y^n - (y-x)^n}{y^{n-1}}$$

oder

$$S_n = y\left\{1 - \left(\frac{y-x}{y}\right)^n\right\}$$

Die experimentelle Bestätigung dieses Gesetzes liegt bereits in den Zahlen der Versuche des vorigen Abschnitts.

Für den einen Centimeter starken Handziegel Nr. II (d) hatten sich in verschiedenen Zeitabschnitten folgende Diffusionsgrößen ergeben.

1.	Stunde	62·74 pCt.
2.	„	23·33 „
3.	„	8·58 „
4.	„	3·08 „
	S. 4. = . .	97·73 pCt.

Nach der Formel:

$$S_n = y \left\{ 1 = \left(\frac{y - x}{y} \right)^n \right\}$$

berechnet sich nun aus dem Anfangsgliede $x = 62{\cdot}74$ pCt., wonach $y = 100$ ist:

$$S_4 = 100 \left\{ 1 - \left(\frac{100 - 62{\cdot}74}{100} \right)^4 \right\}$$

$$S_4 = 100 \{ 1 - 0{\cdot}3726^4 \}$$

$$S_4 = 100 \{ 1 - 0{\cdot}019274 \}$$

$$S_4 = 100 \times 0{\cdot}9807$$

$$S_4 = 98{\cdot}07 \text{ pCt.}$$

gefunden wurden für S_4

97·73 pCt. = 0·34 pCt. Differenz.

Der Vollständigkeit halber mag auch noch ein zweiter Versuch zur Kontrole herangezogen werden.

Nr. III (d). Nebraer Sandstein 1 Cm. stark.

1.	Stunde	57·63 pCt.
2.	„	24·40 „
3.	„	10·32 „
4.	„	4·39 „
5.	„	1·89 „
		$S_5 = 98{\cdot}63$ pCt.

Das Anfangsglied 57·63 in die Formel

$$S_5 = 100 \left\{ 1 - \left(\frac{100 - 57{\cdot}63}{100} \right)^5 \right\}$$

eingesetzt ergiebt

98·63 pCt. berechnet
98·63 „ gefunden.

Jedoch obige Beispiele mögen genügen; aus den Zahlen der Tabellen b und c lassen sich noch beliebig viele Bestätigungen derselben Gesetzmäßigkeit herleiten.

Herr G. Cantor, Professor der Mathematik zu Halle, hatte die Gefälligkeit, die Formel von der Summe der Diffusionsgrößen berechnet aus der Diffusion eines ersten Zeitabschnitts, auch in anderer Weise zu berechnen.

Man verstehe unter F (t) die im Zeitraum von O . . . . . t diffundirte Gasmenge; unter c eine zu bestimmende Constante, dann hat man

$$F(t + dt) - F[t] = \frac{(y - F[t])}{y} \text{ c. dt}$$

wobei:

c. dt die in dem ersten Zeitmoment dt ausgeströmte Gasmenge bezeichnet.

Setzt man $F[t] = s$, so hat man für s als Funktion von t die Differentialgleichung

$$\frac{ds}{dt} = c \frac{y - s}{y}$$

welche mit Berücksichtigung, daß für $t = O$, $s = O$ ist, ergiebt:

$$s = y\left(1 - e^{-\frac{c}{yt}}\right);$$

ist die ursprüngliche Gasmenge im Apparate.

$$\frac{c}{y} = g \text{ gesetzt, ist:}$$

$$s = y\ (1 - e^{-gt})$$

$e = 2{\cdot}718282$ (genauer ist $e = 2{\cdot}718281828459045$) eine Constante, Basis der natürlichen Logarithmen.

Hat man z. B. $g = 100$ gesetzt, so ist

$$s = 100\ (1 - e^{-gt}) \text{ oder}$$

$s = s_1$ für die Zeit $t = 1$

$$s_1 = 100\ (1 - e^{-g}) = 100\left(1 - \frac{1}{e^g}\right)$$

$$e^{-g} = 1 - \frac{s_1}{100}$$

$$e^g = \frac{1}{1 - \frac{s_1}{100}}$$

$$g.\log e = \log \frac{1}{1 - \frac{s_1}{100}}$$

$$g = \frac{\log \frac{1}{1 - \frac{s_1}{100}}}{\log e}$$

Beispiel. Handziegel schwach gebrannt $s_1 = 62{\cdot}74$; $g = 100$; wie groß ist s_2 die Diffusion in 2 Stunden.

$$g = \frac{\log \frac{1}{1 - \frac{62{\cdot}74}{100}}}{\log 2{\cdot}178282} = \frac{\log 2{\cdot}6838}{\log 2{\cdot}178282}$$

$$= \frac{0{\cdot}4287501}{0{\cdot}4342945} = 0{\cdot}98744 = g.$$

$$s_2 = 100\left(1 - \frac{\times 1}{e^{0{\cdot}98744 \times 2}}\right) = \mathbf{86{\cdot}126}$$

nach des Verfassers Formel $= \mathbf{86{\cdot}12}$

Nebraer Sandstein 2 Centim. stark $s_1 = 37{\cdot}13$ $y = 100$. Hiernach berechnet sich

$$g = 0{\cdot}464116.$$

$s_2 = \mathbf{60{\cdot}475}$ . . . $s_3 = \mathbf{75{\cdot}17}$

$s_2 = \mathbf{60{\cdot}47}$ . . . $s_3 = \mathbf{75{\cdot}15}$ nach des Verfassers Formel.

III. Fall. Bekannt sei die Größe der Diffusion in einem längeren Zeitabschnitt $= S_n$, gesucht werde die Diffusionsgröße

a) für einen bestimmten ersten Abschnitt dieser Zeit,

b) für jeden beliebigen folgenden.

Spezielles Zahlenbeispiel. Von 100 Theilen im Diffuseur vorhandener Kohlensäure seien 60 Theile in einer Stunde diffundirt, wieviel diffundirten davon in der ersten Minute?

Daß hierbei in der ersten Minute nicht $\frac{1}{60}$ der stündlichen Diffusionsgröße $= 1$ Theil in obigem, speziellem Falle ausgetauscht wurde, liegt nach den früher gepflogenen Erörterungen auf der Hand, denn in dem ersten Zeitabschnitt begann die Diffusion mit dem Austausch von reiner Kohlensäure gegen atmosphärische Luft, im zweiten diffundirte aber der um die Diffusionsgröße der ersten verkleinerte Rest in demselben Verhältniß weiter, so daß da:

$$\text{Diff. } t_1 > \text{Diff. } t_2 > \ldots . \text{Diff. } t_n$$

die Diffusionsgröße für jeden späteren Zeitabschnitt immer kleiner wird.

Da wir nach dem vorigen Abschnitt wissen, daß die Summe der Diffusion S_n sich aus der Diffusion des ersten Zeitabschnittes x nach der Formel

$$S_n = \frac{y^n - (y-x)^n}{y^{n-1}}$$

ableitet, können wir x hiernach berechnen. Es ist

$$S_n\, y^{n-1} = y^n - (y-x)^n$$

$$(y-x)^n = y^n - S_n\, y^{n-1}$$

$$y - x = \sqrt[n]{y^n - S_n\, y^{n-1}}$$

III. 1) $$x = y - \sqrt[n]{y^n - S_n\, y^{n-1}}$$

oder einfacher zu Rechnung

$$x = y - \sqrt[n]{y^{n-1}(y - S_n)}$$

$$x = y - \sqrt[n]{\frac{y^n (y - S_n)}{y}}$$

$$x = y - y \sqrt[n]{\frac{y - S_n}{y}}$$

III. 2) $$x = y \left(1 - \sqrt[n]{\frac{y - S_n}{y}}\right)$$

Um wiederum einige concrete Beispiele zur experimentellen Bestätigung anzuführen, können wir auf die im vorigen Abschnitt enthaltenen zurückgreifen.

Nr. II. (d). Handziegel schwach gebrannt, einen Centimeter stark.

Die Summe der Diffusion in 4 Stunden S_4 betrug 97·73 Theile von 100 Theile vorhandener Kohlensäure y; experimentell wurde die Diffusion in der ersten Stunde zu 62·4 Theilen $= x$ festgestellt; dieser Betrag werde durch Rechnung nach der Formel:

$$x = y\left(1 - \sqrt[n]{\frac{y - S_n}{y}}\right)$$

gesucht.

$$x = 100\left(1 - \sqrt[4]{\frac{100 - 97{\cdot}73}{100}}\right)$$

$$x = 100\,(1 - 0{\cdot}3882)$$

$x = 61{\cdot}2$ berechnet

$x = 62{\cdot}4$ gefunden.

Nr. III. (d). Nebraer Sandstein, einen Centimeter stark.

Von 100 Theilen Kohlensäure = y diffundirten in 5 Stunden 98·63 Theile = S_5; experimentell war die Diffusion in der ersten Stunde zu 57·63 Theilen festgestellt = x. Die Ausführung der Rechnung nach der obigen Formel ergiebt:

$$x = 100 - \left(1 - \sqrt[5]{\frac{100 - 98{\cdot}63}{100}}\right)$$

$$x = 100\,(1 - 0{\cdot}424)$$

$x = 57{\cdot}60$ berechnet

$x = 57{\cdot}63$ gefunden

Ohne Weiteres läßt sich nun nach der für x entwickelten Formel aus der Summe der Diffusion in einen längeren Zeitabschnitt die Diffusionsgröße für jeden späteren Theil innerhalb dieser Zeit berechnen. Da nach Abschnitt I. die allgemeine Formel lautet:

$$\text{Diff. } t_n = \frac{(y - x)^{n-1}x}{y^{n-1}}$$

braucht man in diese Formel nur den oben gewonnenen Werth für x

$$x = y\left(1 - \sqrt[n]{\frac{y - S_n}{y}}\right)$$

einzusetzen, um auf die einfachste Weise zum Ziele zu gelangen.

Die Formel für die „Anfangsdiffusion" mußte ermittelt und experimentell geprüft werden, weil auf ihrer Anwendung die Brauchbarkeit der Diffusionsmethode für vergleichende Bestimmungen überhaupt beruht, denn ohne eine Reduction auf eine solche „Anfangsdiffusion", d. h. ohne Ermittelung des Diffusionscoefficienten von annähernd reiner Kohlensäure gegen atmosphärische Luft geben die in längeren Zeitabschnitten festgestellten Diffusionszahlen ein vollkommen falsches Bild. Deshalb sind in der vorliegenden Arbeit alle 1—2 Stunden währenden Versuche auf die Diffusion der ersten Minute resp. bei sehr porösen Materialien sogar der ersten Secunde reducirt.

Zur Erläuterung dieses Verhaltens kann man sich am Besten der in Tabelle Nr. X. u. XI. niedergelegten Zahlen über die Diffusionsgröße der Kohlensäure bei verschieden starken Platten aus gleichem Material bedienen.

Es diffundirten z. B. in einer Stunde durch Backsteinplatten von 1, 2, 3, 4 Centimeter Stärke von 100 Theilen der im Diffuseur vorhandenen Kohlensäure:

1 Centimeter	= 82·92	Theile.
2 „	= 70·00	„
3 „	= 54·42	„
4 „	= 42·10	„

Oder die Diffusion durch die 1 Centimeter starke Platte = 100 gesetzt:

1 Centimeter	= 100	Theile:
2 „	= 78·7	„
3 „	= 61·2	„
4 „	= 47·4	„

Man sollte hiernach glauben, daß durch die 2 Centimeter starke Platte 78·7 Procent der durch die 1 Centim. Platte gegangenen Kohlensäure diffundirten, während spätere Erörterungen zeigen werden, daß in einem sehr kleinen Zeitabschnitt nur 50 Procent diffundiren. Nimmt man aber nicht einstündige, sondern nur halbstündige Versuche, so erhält man ganz andere Verhältnißzahlen.

Nach der Formel $x = y\left(1 - \sqrt[n]{\frac{y - S_n}{y}}\right)$ würde aus den Zahlen der einstündigen Diffusionsgrößen S_n die halbstündige Diffusionsgröße sein:

1 Centimeter	= 66·71	Theile.
2 „	= 45·23	„
3 „	= 32·49	„
4 „	= 23·91	„

Oder in Verhältnißzahlen ausgedrückt:

1 Centimeter	= 100	Theile.
2 „	= 67·8	„
3 „	= 48·7	„
4 „	= 35·8	„

Rechnet man aber endlich nach der obenstehenden Formel die für die erste Sekunde stattfindenden Diffusionsgrößen, so erhält man folgende Zahlen:

1 Centimeter	= 0·06110	Theile.
2 „	= 0·03343	„
3 „	= 0·02180	„
4 „	= 0·01517	„

oder in Verhältnißzahlen:

1 Centimeter	= 100	Theile	= 1.
2 „	= 54·7	„	= $\frac{1}{2}$.
3 „	= 35·7	„	= $\frac{1}{3}$.
4 „	= 24·8	„	= $\frac{1}{4}$.

Die aus den halbstündigen und noch mehr aus den einstündigen Bestimmungen abgeleiteten Zahlen würden demnach ein vollkommen verkehrtes Bild geben, während die reducirten Zahlen für die erste Sekunde einen der Wirklichkeit

sehr nahe kommenden Ausdruck abgeben, indem sie zeigen, daß die Diffusion durch die 2 Centim. Platte die Hälfte derjenigen durch die 1 Centim. Platte aus gleichem Material ausmacht, während man nach den einstündigen Diffusionsgrößen glauben sollte, daß nicht 50 pCt., sondern 78·7 pCt. diffundirt wären.

Der Grund dieser Erscheinung ist aus der unter a) entwickelten Gesetzmäßigkeit abzuleiten. Da sich die Diffusion in der zweiten Zeiteinheit nach der Formel

$$\text{Diff. } t_2 = \frac{(y - x)\, x}{y}$$

vollzieht (wo x die Diffusion der ersten Stunde bedeutet), so wird die Diffusionsgröße unter Umständen bei einem sehr durchlassenden Material gegenüber einem dichteren in der zweiten Zeiteinheit kleiner sein als diejenige eines an und für sich weniger durchlassenden Materials in derselben zweiten Zeiteinheit. Wenn nämlich bereits in der ersten Zeiteinheit eine sehr starke Diffusion stattfand, kann, da in der zweiten Zeiteinheit von dem bleibenden Rückstand, der in diesem Falle aber sehr klein ist, relativ dieselben Mengen diffundiren, wie von der ursprünglichen Füllung, die Diffusionsgröße der zweiten Zeiteinheit sehr gering ausfallen, so daß ein weniger durchlassender Stein, der also nach der ersten Zeiteinheit einen größeren Rückstand läßt, trotz des relativ niedrigeren Diffusionsverhältnisses in der zweiten Zeiteinheit mehr austreten läßt, als der durchlassendere. Hiernach ist es verständlich, daß man für verschiedene Zeitabschnitte so relativ verschiedene Zahlen erhalten muß, daß dieselben unvergleichbar werden.

Sehr deutlich zeigen die oben gegebenen Zahlen für die Diffusionsgröße der Kohlensäure durch Platten von verschiedener Stärke dieses Verhalten:

	1 Cent.	2 Cent.	3 Cent.	4 Cent.
Diffusionsgröße der ersten halben Stunde	66·71	45·23	32·49	23·91
„ „ zweiten „ „	22·21	24·77	21·93	18·19
„ „ „ Stunde	9·85	21·00	24·80	24·38
Summa in 2 Stunden	98·77	91·00	78·22	66·48

In der zweiten halben Stunde diffundirt also schon mehr Kohlensäure durch die 2 Centimeter- als durch die 1 Centimeter-Platte u. s. w., daher denn die für eine Zeit, nach welcher bereits wesentliche Luftmengen in dem Diffuseur eingedrungen sind, ausgeführten Bestimmungen aufhören, ohne Weiteres vergleichbar zu sein. Vergleichbar werden die Zahlen erst, wenn man dieselben auf einen sehr kleinen Zeitabschnitt, Minute resp. Sekunde, reducirt.

Die in allen Tabellen enthaltene Spalte „berechnete Anfangsdiffusion" verdankt ihre Entstehung den vorstehenden Erwägungen.

Daß die Formel:

$$x = y\left(1 - \sqrt[n]{\frac{y - S_n}{y}}\right)$$

wohl geeignet ist, die Diffusionsgröße von reiner Kohlensäure (resp. anderen Gasarten) gegenüber atmosphärischer Luft festzustellen, und daß die sogen. Anfangs-

diffusion als der Ausdruck einer solchen zu betrachten ist, bedarf nun keiner Ausführung mehr.

Den Beweis für das Zutreffende der Erwägungen über die Anfangsdiffusion kann man auf das Schlagendste auch aus dem folgenden Abschnitt herleiten.

IV. Fall. Ueber die Größe des Diffusions-Widerstandes bei Material von verschiedenem Längsdurchmesser.

Bezeichnet man mit c die Geschwindigkeit, mit welcher ein Gas ohne irgend eine poröse Scheidewand gegen eine andere diffundiren würde, mit w den Widerstand, welchen eine bestimmte Scheidewand dem Diffusionsstreben der beiden Gasarten entgegensetzt, so würde die wirklich eintretende Diffusion bei einer Stärke der Scheidewand von b sein

$$D = \frac{C}{w.l}$$

Mit Worten ausgedrückt: Die Diffusionsgröße ist umgekehrt proportional der Stärke des diffundirenden Materials, sie darf bei einem Längsschnitt von 2 nur die Hälfte der bei einem solchen von 1 stattfindenden betragen.

Die genaue Ermittelung dieses Verhaltens war nothwendig, da von den 1—4 Centimeter starken Versuchsplatten auf Mauerstärken von 25—100 Centimeter gerechnet werden mußte.

Die ersten in der Tabelle Nr. X. enthaltenen Versuchsreihen wurden so ausgeführt, daß zu denselben Bruchstücke leicht zu bearbeitender Baumaterialien (Sandsteine von Nebra an der Unstrut, von Seeberg und vom Solling) Cylinder von 1, 2, 3 und 4 Centimeter Höhe geschliffen und auf ihre Durchdringbarkeit geprüft wurden.

Wenn man die für die Anfangsdiffusion berechneten Zahlen nebeneinander stellt, so findet man folgende Reihen:

I. Nebraer Sandstein.

1 Centimeter	1·435	= 100	100
2 „	0·794	= 55·3	50
3 „	0·549	= 38·3	33·3
4 „	0·455	= 31·7	25

II. Solling-Sandstein.

1 Centimeter	0·064	= 100	100
2 „	0·033	= 51·6	50

III. Seeberger Sandstein.

1 Centimeter	1·089	= 100	100
2 „	0·682	= 62·6	50
3 „	0·410	= 37·6	33·3
4 „	0·329	= 30·2	25

Allerdings nähern sich die gewonnenen Zahlen so ziemlich dem geraden Ver-

Tabelle Nr. X. (d)

Versuche mit verschiedenen Stärken der Platten, diffundirte CO_2 bestimmt.

Inhalt des Diffuseurs a. 3·7187 gen. CO_2 b., 756·5 t = 18·5 = 2023·6 Cc.
b. 3·6763 „ b., 755·0 t = 21·3 = 2023·8 „ } 2023·7 Cc. J.

Material.	b.	t.	Diffundirte CO_2. 1. Stunde.	2. Stunde.	Summa.	Cc. CO_2 bei b und t des Versuches.	pCt. CO_2 diffundirt.	Berechnete Anfangs-Diffusion p. Min.	Capacität der Platte.	Zur Berechnung kommendes Vol. des Diffuseurs J. + Capac.	Cc. CO_2 pro Stunde diffundirt.	reduzirt 0° 760	Stärke der Platte. Centimeter.
Nebraer Sandstein	760	21	2·1490	0·9161	3·0651	1678·5	82·30	82·34	15·5	2039·5			1
	758	22·5	2·1491	0·9049	3·0540	1685·4	82·64	**1·435**	—	—		1487·1	1
	752	24	2·0963	0·8979	2·9942	1673·9	82·07		—	—	**1756·0**		1
Desgleichen	758	23·5	1·4339	0·8852	2·3191	1284·1	62·50	61·60	31·0	2054·5			2
	756	22·5	1·3495	0·9027	2·2522	1246·2	60·60	**0·794**	—	—	**980·8**	825·6	2
	755·5	23·5	1·3998	0·8823	2·2821	1267 8	61·71		—	—			2
Desgleichen	750 5	21·0	1·0212	0·7315	1·7527	972·0	47·00	48·36	46 5	2070·0			3
	748	23·5	1·0710	0·7560	1·8270	1025·1	49·52	**0·549**	—	—	**681·9**	567·1	3
	748	21·5	1·0533	0·7505	1·8038	1005·4	48·57		—	—			3
Desgleichen	758	21	0·9065	0·6964	1·6029	880·1	42·18	42·13	62·0	2086·5			4
	758	22	0·9183	0·6753	1·5936	878·0	42·08	**0·455**	—	—	**569·6**	486·8	4
Sollingsandstein	760	22	0·1569	0·1255	0·2824	155·2	7·66	7·43	1	2025	**76·8**		1
	760	24·5	0·1450	0·1175	0·2625	145·5	7·19	**0·064**	—	—		65·3	1
Desgleichen	760	22	0·0880	0·0640	0·152	83·5	4·12	3·93	2	2026			2
	760	24	0·0780	0·0585	0·1365	75·5	3·73	**0·033**	—	—	**40·11**	34·1	2
Seeberger Sandstein	753	25	1·7235	0·9415	2·6650	1493·0	73·35		11·3	2035·5			1
„ „	745	22·5	1·7410	0·9057	2·6467	1486·0	73·00	73·13	—	—			1
	751	24·5	1·8090	0·8570	2·6660	1494·9	73·44	**1·089**	—	—	**1330·0**	1092·3	1
	743	21·5	1·7453	0·8930	2·6383	1480·3	72·72		—	—			1
Desgleichen	743	21·5	1·2280	0·8270	2·0550	1153·1	56·35	55·99	22·6	2046·3			2
	740	21	1·2070	0·8175	2·0245	1138·6	55·64	**0·682**	—	—	**837·3**	688·3	2
Desgleichen	752	20	0·8395	0·6475	1·4870	821·0	39·92	38·95	33·9	2056·6			3
	753	22	0·8665	0·6420	1·4085	781·1	37·98	**0·410**	—	—	**505·9**	428·3	3
Desgleichen	753	22·5	0·7000	0·5200	1·2200	677·7	32·75	32 64	45·2	2068·9	**408.4**	347·6	4
	756	19	0·6805	0·5500	1·2305	672·9	32·52	**0·329**	—	—			4

hältniß; sie stimmen jedoch im Allgemeinen nicht so befriedigend, als man wünschen sollte, mit demselben überein.

Der Grund dieser Abweichung konnte jedoch in einer ungleichmäßigen Beschaffenheit des Materials liegen; denn es war keine Garantie vorhanden, daß die 2 Centimeter-Platte beim Durchschneiden wirklich 2 Platten vom Diffusions-Vermögen der 1 Centimeter-Platte liefern würde. Feine Risse und Sprünge, sowie ungleichmäßige Stellen konnte man auch in der That mit der Loupe an jeder der verschiedenen Platten nachweisen. Es mußte daher versucht werden, Platten von gleichmäßigerer Beschaffenheit herzustellen, und dieses wurde zunächst durch Gypsguß erstrebt.

In Formen von 1, 2, 3 und 4 Centimeter Höhe goß man einen gleichmäßig bereiteten Gypsbrei unter stetem Umrühren ein und benutzte die so erhaltenen Platten zu einer neuen Reihe von Diffusionsversuchen.

Die Resultate dieser Versuche sind in Tabelle Nr. XI. enthalten.

Die Mittelzahlen der Versuche mit Gypsplatten bilden, auf die Anfangsdiffusion in der ersten Sekunde berechnet, folgende Reihe:

Gypsplatte.

1 Centimeter	0·1584	= 100	100
2 „	0·0816	= 51·5	50
3 „	0·0607	= 38·3	33·3
4 „	0·0470	= 29·7	25

Auch hier ist das gerade Verhältniß wiederum annähernd erreicht, aber doch nicht mit wünschenswerther Schärfe. Ungleichmäßigkeiten des Materials waren aber auch hier nicht ausgeschlossen, da spätere Versuche lehrten, wie sehr verschieden Gypsplatten, welche aus dünnerem oder dickerem Gypsbrei gegossen waren, in der Permeabilität ausfielen. Der einzige Weg, welcher nun noch bereten werden konnte, war der, aus einem möglichst gleichmäßigen Material Platten von 1 Centimeter Stärke herzustellen, ihre Permeabilität für Kohlensäure säure auf dem Wege der Diffusion einzeln zu prüfen, das sich dabei als ungleichmäßig zeigende Material auszusondern und sodann die sich als gleich erweisenden Platten vor einander zu setzen.

Nach längerem Probiren gelang es z. B. von einem Backstein 4 sehr gleiche Platten zu erhalten (5 andere mußten ausgeschieden werden), welche p. Minute folgende Anfangsdiffusion zeigten:

I	3·3322 pCt.
II	3·2668 „
III	3·2116 „
IV	3·3531 „

Diese gaben für die erste Minute in den Combinationen I; I + II; I + II + III; I + II + III + IV folgende Anfangsdiffusion:

Tabelle Nr. XI. (d).

Versuche mit verschiedenen Stärken der Platten.

CO_2 Rest in den Diffuseuren bestimmt.

Material.	b. mill.	t. ° C.	Dauer der Diffusion St.	Capacität der Platte Cc.	Zur Berechnung kommendes Volumen des Diffuseurs.	Im Diffuseur nach d. Versuch: Grm. CO_2	Cc. CO_2 bei b u. t. d. Versuch.	diffundirt Cc. CO_2	diffundirt pCt.	berechnete Anfangsdiffusion p. Sekunde.	0° auf 760 reducirt.
										¼ St.	
splatte, 1 Centim. .	756	18	¼	56	2080	0·7382	402 3	1677·7	80·66	80·87	
	756	20	¼	56	2080	0·7017	385·0	1695·0	81·49		
	752 5	17·5	¼	56	2080	0·7432	406·2	1673·8	80·47	**0·1836**	0·1584
										¼ St.	
„ 2 „ .	750	18	¼	112	2136	1·6105	884·7	1251·3	58·58	57·69	0·0816
	750	18	¼	112	2136	1·6180	888·8	1247·2	58·39		
	751	19·5	½	112	2136	0·7470	411·9	1724·2	80·72*	**0·0955**	56·09 = ¼ St. ber.
										½ St.	
„ 3 „ .	752·5	18·5	¼	168	2191	2·1000	1150·9	1040·1	47·48*	71·90	72·42 = ½ St. ber.
	756	19·5	½	168	2191	1·1201	613·5	1577·5	72·00		
	750	17 5	½	168	2191	1·1480	629 6	1561·4	71·27	**0·0705**	0·0607
„ 4 „ .	750	19	½	224	2247	1·5225	839·2	1407·8	62·65	62·95	0·0470
	751	19	¼	224	2247	2·4745	1362·1	884·9	39 38	**0·0551**	63·25 = ½ St. ber.

Versuche mit voreinandergelegten Backsteinplatten.

Diffuseur 4 = 3·7645 gen. CO_2 $\begin{matrix} b = 760 \\ t = 14·5 \end{matrix}$ = 2010 Cc. incl. Capacität d. Platte (20 Cc.) p. Min.

kstein Nr I. . .	765	10	½	20	2010	1·2925	667·2	1342 8	66·81*	88·92	*) 88·98 pCt. für 1 St. ber.
„ „ „ . . .	765	16·5	1	20	2010	0·4185	224·2	1785·8	88·85	**3·6003**	3·3322
„ „ II. . . .	760	12·5	½	20	2010	1·2425	661·0	1349·0	67·11*	88·92	*) 89·18 pCt. für 1 St. ber.
„ „ „ . . .	762	15	1	20	2010	0·4260	228·0	1782·0	88·66	**3·6003**	3·2668
„ „ III. . . .	767	15	½	20	2010	1·2495	664·3	1345·7	66 95	88·27	
	767	15	1	20	2010	0·4745	252·3	1757·7	87·45	**3·5087** (68·18)	3·2176
„ „ IV. . . .	760	15·5	½	20	2010	1·2125	651·7	1358·3	67·58	89·87	
	760	15·5	½	20	2010	1·1680	627·8	1382·2	68·77	**3·7442**	3·3531
„ I. u II. . .	761	12	1	40	2030	1·1455	607·5	1422·5	70·07	70·00	
	763	15	1	40	2030	1·1400	609·3	1420·7	69·95	**1·9866**	1·8136 (54·4 %)
„ I + II + III .	761	14	1	60	2050	1·7275	922·5	1127·5	55·00	54·42	
	761	16	1	60	2050	1·7220	925·9	1124·1	54·83	**1·3010**	1·1722 (35·2)
„ I + II + III + IV	757	9	1	80	2070	2·2800	1203·0	867·0	41·89	42·10	
	758	13	1	80	2070	2·2355	1194·4	875·6	42·30	**0·9066**	0·8315 (25·0)
öser Backstein I. . .	758	14	½	20	2010	1·1145	597·5	1412·5	70·27	70·54	
	758	15	½	20	2010	1·0905	586 7	1423·3	70·81	**4·0019**	3·5902
„ „ II. . .	759	15	½	20	2010	1·1485	617·1	1392 9	69·30	**3·8509**	3·4516
„ „ I. u. II.	759	10·5	1	40	2030	1·1135	600·4	1429·6	70·42	70.72	
	760	13·5	1	40	2030	1·1000	588·2	1441·8	71·02	**2·026**	1·8548 (51·7)

				(ber.)
1 Centim.	I	3·3322 pCt.	100	100
2 „	I + II	1·8136 „	54·4	50
3 „	I + II + III	1·1722 „	35·2	33·3
4 „	I + II + III + IV	0·8315 „	25·0	25

Zwei Platten aus einem sehr porösen Backstein konnten ebenfalls von sehr annäherndem Diffusionsvermögen hergestellt werden, nämlich p. Minute:

				(ber.)
1 Centim.	I	3·5902 pCt.	100	(100)
1 „	II	3·4516 „		
2 „	I + II	1·8548 „	51·7	(50)

Die Zahlen der beiden letzten Reihen stimmen so gut mit dem geraden Verhältniß überein, daß man den Satz:

Die Diffusionsgröße ist der Stärke einer Wandung umgekehrt proportional

für bewiesen halten kann.

Damit ist das Material für die Ausführung von Rechnungen auf die Diffusionsgröße von stärkeren Dimensionen, als bei den vorliegenden Versuchen zur Untersuchung dienten, gegeben.

Ein ähnliches Resultat haben Schürmann (dritter Jahresbericht der Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege zu Dresden p. 62) und Lang, über die Porosität einiger Baumaterialien (Zeitschrift für Biologie XI. 322, 1875) für die Bewegung der Luft unter Druck erhalten, indem sich die unter constantem Druck durch homogenes poröses Material fließende Luftmenge der Dicke des Versuchsstücks umgekehrt proportional erwies.

Lang erhielt z. B. folgende Zahlen:

Kalkmörtel:

						(ber.)
15 Millim.	= 1	Verhältniß	168·1 Lit.	Luftdurchgang	= 100	100.
30 „	= 2	„	54·5 „	„	= 32·1	50.
60 „	= 4	„	34·2 „	„	= 20·3	25.
90 „	= 6	„	25·2 „	„	= 15·0	16·7

Oder bei einer zweiten Reihe

mit Gypsplatten.

						(ber.)
20 Millim.	= 1	Verhältniß	40·10 Lit.	Luftdurchgang	= 100	100
40·5 „	= 2·35	„	21·29 „	„	= 53·2	49·4
81 „	= 4·05	„	11·59 „	„	= 28·9	24·7
162 „	= 8·10	„	5·40 „	„	= 13·2	12·3

Die Zahlen stimmen annähernd zum geraden Verhältniß; man sieht jedoch aus den beim Luftmörtel stattfindenden Abweichungen, wie schwer es ist, Stücke von proportionaler Permeabilität herzustellen.

Die von Schürmann erhaltenen Zahlen stimmen auch so annähernd, daß daß man in der That das obige Gesetz für bewiesen halten kann.

Diffusionserscheinungen und die Bewegung der Luft unter Druck folgen daher hier, wie in vielen anderen Stücken, derselben Gesetzmäßigkeit.

Anhangsweise mag an dieser Stelle über eine andere Art von Versuchen berichtet werden, welche ursprünglich ausgeführt wurden, um die vorstehend entwickelte und bewiesene Gesetzmäßigkeit auf anderem Wege zu beweisen. Bevor der mühevolle Weg des Schleifens von Platten gleicher Stärke aus den schwer zu bearbeitenden Baumaterialien betreten wurde, versuchte man, dadurch zu dem Ziele zu kommen, daß man Papierblätter von gleicher Größe aus einem sehr gleichmäßigen starken Schreibpapier als Scheidewände für die Diffusion benutzte und 1—2—4—6—8—16 ꝛc. ꝛc. solcher Blätter bei den betreffenden Versuchen vor einander legte. Die Tabelle Nr. XII. enthält die in dieser Richtung ausgeführten Versuche.

Der erste Blick auf die letzte, die corrigirten Zahlen enthaltende, Columne der Tabelle lehrt zunächst, daß die mit verschiedenen Diffuseuren und verschiedenen Papierblättern ausgeführten Versuche vortrefflich unter einander übereinstimmen:

	Reihe I.	Reihe II.
2 Blätter	0·25266 pCt.	0·24887 pCt.
4 „	0·15904 „	0·15665 „
8 „	0·09855 „	0·10093 „
12 „	0·07577 „	0·07406 „
16 „	0·06085 „	0·05926 „

daß es also keine Schwierigkeiten bietet, aus einem gleichmäßigen Papier Blätter von gleicher Durchlässigkeit herzustellen, der erste Blick lehrt aber auch, daß die Diffusion durch Papierblätter anderen Gesetzmäßigkeiten unterliegt, als diejenige durch poröse Baumaterialien.

Während die Diffusion durch poröse Baumaterialien der Stärke des Versuchsstückes umgekehrt proportional war, so daß durch ein 2 Centimeter starkes Stück 50 pCt. der durch ein 1 Centimeter-Stück diffundirenden Gasmenge ausgetauscht wurden, gestaltete sich die Diffusion durch die Papierblätter folgendermaßen:

	Reihe I.	Reihe II.	Mittel	Nach dem geraden Verhältniß würden diffundirt sein
2 Blätter	100	100	100	100
4 „	63·0	62·8	62·9	50
8 „	39·0	40·6	39·8	25
12 „	30·0	29·8	29·9	16·7
16 „	24·1	23·8	24·0	12·5

Es ist demnach überall erheblich mehr durch die Papierblätter diffundirt, als dem geraden Verhältniß entspricht; statt 50 pCt. diffundirten z. B. 62·9 pCt. bei 4 gegen 2 Blätter ꝛc.

Während durch poröse Baumaterialien die Diffusion bei verschiedener Stärke derselben nach der Reihe:

Tabelle Nr. XII.

Versuche mit Papierblättern.

J = 3·4785 Grm. CO_2 b = 753 mt = 18° = 1903 Cc. = J.

	b.	t.	Dauer der Diffusion.	Nr. der Diff. und zur Berechnung kommendes Volumen.	Im Diffuseur nach d. Versuche. Grm. CO_2	Im Diffuseur nach d. Versuche. Cc. CO_2 bei b. und t des Versuches.	diffundirt Cc. CO_2	diffundirt % CO_2	berechnete Anfangsdiffusion p. Cct. %	corr.
2 Papierblätter	757	18	7½′	1903	0·9670	526·2	1376·8	72·35	72·58	
	755	15	7½′	1903	0·9585	517·6	1385·4	72·80	**0·28712**	0·25266 = 100
4 „	754	17	15′	1903	0·6780	369·1	1533·9	80·60	80·76	
	753	18	15′	1903	0·6644	363·3	1539·9	80·92	**0·18296**	0·15904 = 63·0
8 „	753	18	15′	1903	1·2490	683·3	1219·7	64·09	64·26	
	757	20	15′	1903	1·2355	677·0	1226·0	64·42	**0·11425**	0·09855 = 39·0
12 „	757	18	15′	1903	1·6225	883·1	1019·9	53·59	54·22	
	757	18	15′	1903	1·5795	859·7	1043·3	54·82	**0·08677**	0·07577 = 30·0
16 „	757	16	15′	1903	1·8960	1024·9	878·1	46·14	**0·06872**	0·06085 = 24·1

Neue Reihe mit anderem Diffuseur und anderen Blättern.

J. = 3·4110 Grm. CO_2 b = 748 t = 18 = 1879 Cc. J.

2 Papierblätter	757	18	7½′	1879	0·9480	516·0	1363·0	72·54	72·52	
2 „	754	19	7½′	1879	0·9430	517·0	1362·0	72·49	**0·28664**	0·24887 = 100
4 „	753	18	15′	1879	0.6370	348·5	1530·5	80·45	**0·18119**	0·15665 = 62·8
8 „	753	18	15′	1879	1·1950	653·8	1225·2	65·20	65·01	
	757	19	15′	1879	1·2110	661·3	1217·7	64·81	**0·11661**	0·10093 = 40·6
12 „	757	18	15′	1879	1·5960	868·5	1010·5	53·78	53·66	
	757	20	15′	1879	1·5925	873·0	1006·0	53·54	**0·08540**	0·07406 = 29·8
16 „	757	17	15′	1879	1·8885	1024·2	854·8	45·49	**0·06740**	0·05926 = 23·8

$$\text{Diff.}_{n} = x$$

$$\text{Diff.}_{2n} = \frac{x}{2}$$

$$\text{Diff.}_{3n} = \frac{x}{3}$$

$$\vdots$$

$$\text{Diff.}_{nn} = \frac{x}{n}$$

verläuft, kann man sich die Diffusion durch Papierblätter zerlegt denken in

$$\text{Diff.}_{n} = x$$

$$\text{Diff.}_{2n} = \frac{x}{2} + y$$

wobei y den mehr als dem geraden Verhältniß $\frac{x}{2}$ entsprechenden Theil bezeichnen soll.

In unserem speziellen Falle würde, da $\text{Diff.}_{n} = x = 100$, $\frac{x}{2} = 50$ und da die Diff._{2n} experimentell zu 62·9 bestimmt ist, $y = 12{\cdot}9$ sein.

$$62{\cdot}9 = 50 + 12{\cdot}9$$

In empirischer Weiterentwickelung findet man nun für die Diffusion 4n

$$\text{Diff.}_{4n} = \frac{x}{4} + y$$

$$\text{gef. } 39{\cdot}8 = 25 + 12{\cdot}9 = 37{\cdot}9 \text{ ber.,}$$

sodann

$$\text{Diff.}_{6n} = \frac{x}{6} + y$$

$$\text{gef. } 29{\cdot}9 = 16{\cdot}7 + 12{\cdot}9 = 29{\cdot}6 \text{ ber.}$$

endlich

$$\text{Diff.}_{8n} = \frac{x}{8} + y$$

$$\text{gef. } 24{\cdot}0 = 12{\cdot}5 + 12{\cdot}9 = 25{\cdot}4 \text{ ber.}$$

so daß sich die Diffusion durch die Papierblätter nach der Reihe

$$\text{Diff.}_{n} = x$$

$$\text{Diff.}_{2n} = \frac{x}{2} + y$$

$$\text{Diff.}_{3n} = \frac{x}{3} + y$$

$$\vdots$$

$$\text{Diff.}_{nn} = \frac{x}{n} + y$$

vollziehen würde.

Offenbar kommt bei den Papierblättern zu der Porendiffusion, welche den Gasaustausch durch die Baumaterialien ausschließlich vermittelt, noch eine Diffusion hinzu, welche sich in Folge der Verwandtschaft der wie eine Membran wirkenden (geleimten) Papierblätter zu der Kohlensäure vollzieht. Diese Größe wird in der obigen Entwickelung mit y bezeichnet, während x den der Porendiffusion zufallenden Antheil bezeichnet.

Es muß nun in der That auffallend erscheinen, daß während x in einem geraden Verhältniß zu der zunehmenden Dicke der Scheidewände verkleinert wird, y dabei keine nennenswerthe Veränderung erleidet; denn berechnet man die Werthe für y aus den einzelnen Beobachtungen, so findet man:

$$62{\cdot}9 - 50 = 12{\cdot}9 = y_1$$
$$39{\cdot}8 - 25 = 14{\cdot}8 = y_2$$
$$29{\cdot}9 - 16{\cdot}7 = 13{\cdot}2 = y_3$$
$$24{\cdot}0 - 12{\cdot}5 = 11{\cdot}5 = y_4$$

Freilich muß zugegeben werden, daß kleine Unterschiede in der Beschaffenheit der Papierblätter das Resultat beeinflußt und geringfügigere Unterschiede verwischt haben können. Trotzdem erscheint die Vermuthung zum Mindesten als wahrscheinlich, daß bei der Membrandiffusion die Diffusionsgröße nicht umgekehrt proportional der Dicke der Versuchsstücke ist, sondern in einem kleineren Verhältniß sinkt als die Dicke der Versuchsstücke steigt.

Weitergehende Schlüsse aus den obigen Beobachtungen dürften kaum zulässig sein. Vielleicht bieten die in dieser Richtung ausgeführten Versuche dem Verfasser Gelegenheit, die für den Thier- und Pflanzenkörper so wichtige Frage des Gasaustausches durch Membranen mit Benutzung der Apparate und Erfahrungen der vorliegenden Arbeit weiter zu verfolgen*).

---

*) Einige Versuche mit sehr dicken Cartonblättern gaben ein ganz ähnliches Resultat; es diffundirten per Minute:

2 Cartonblätter	I + X	0·16834	pCt. = x
„ „	VI + IX	0·16405	„
„ „	III + V	0·15339	„

In der Combination:

4 Cartonblätter	I + X + VI + IX	0·10325 pCt.
6 „	I + X + VI + IX + III + V	0·07747 „

Es würde danach sein:

$$\text{Diff.}_{2n} = \frac{x}{2} + y;\ 0{\cdot}10325 = 0{\cdot}08417 + 0{\cdot}01908$$

Danach würde sich für die Combination der 6 Blätter

$$\text{Diff.}_{3n} = \frac{x}{3} + y;\ \frac{0{\cdot}16834}{3} + 0{\cdot}01908 = 0{\cdot}07519 \text{ berechnen,}$$

was mit dem Befunde 0·07747 recht gut übereinstimmen würde.

Rechnet man procentisch, so erhält man

$$\text{Diff.}_{n} = 100$$
$$\text{Diff.}_{2n} = 61{\cdot}3$$
$$\text{Diff.}_{3n} = 46{\cdot}0$$

V. Fall. Wenn die Diffusion durch eine gegebene Scheidewand aus einem Raume von gegebener Größe bekannt ist, wie groß ist die Diffusion durch dieselbe Scheidewand, wenn der Raum in einem bestimmten Verhältniß vergrößert oder verkleinert wird?

Zahlenbeispiel. Aus einem 2000 Cc. fassenden Diffuseur sollen in einer Stunde 1000 Cc. diffundiren, wie groß wird die Diffusion (bei unveränderter Scheidewand) sein, wenn der Diffuseur auf $\frac{3}{4}$ der ursprünglichen Größe verkleinert wird?

Um den Verlauf der Diffusion in jedem Raume von beliebiger aber bekannter Größe festzustellen, muß man von der Anfangsdiffusion in einem sehr kleinen Zeitraum ausgehen.

Da die Berechnung der Anfangsdiffusion den Zweck hat, die Diffusionsgröße eines, wenigstens annähernd unvermischt gedachten Gases gegen atmosphärische Luft festzustellen, so ist man dabei von der Größe des Raumes, in welchem das betreffende Gas eingeschlossen ist, unabhängig, denn dieselben Gase müssen unter gleichen Druck- und Temperatur-Verhältnissen eine annähernd gleiche Anfangsdiffusion durch gleiche Materialien zeigen, gleichgültig, ob sie aus größeren oder kleineren Räumen diffundiren.

Experimentell konnte dieser Satz sehr leicht so bewiesen werden, daß man zunächst die Diffusionsgröße von Kohlensäure durch verschiedene Materialien mittelst des zu allen Versuchen benutzten Diffuseurs feststellte und sodann den letzteren, in einem bestimmten Verhältniß verkleinert, zu einer zweiten Versuchsreihe mit denselben Materialien benutzte. Zur Verkleinerung des Diffuseurs goß man in denselben ein bestimmtes Gewicht geschmolzenes Paraffin, dessen spec. Gewicht man vorher bestimmt hatte. Dieses Verfahren gestattet, jedes beliebige kleinere Volumen aus einem größeren in einfachster Weise herzustellen. So sollte z. B. ein Diffuseur von 1990 Cc. Inhalt auf $\frac{3}{4}$ dieses Volumens verkleinert werden, die Controlebestimmungen ergaben, daß er 1504 Cc. = 0·7558 des ursprünglichen Volumens nach dem Eingießen des Paraffins enthielt. Die Versuche sind in Tabelle XIII. enthalten.

Berechnet man nach den Mittelzahlen der Versuche die in der Anfangszeit diffundirten absoluten Gasmengen p. Minute, so erhält man folgende Uebersicht:

Verblendsteine:	Großer Diffuseur	51·589 Cc.
	Kleiner „	52·429 „
Gypsplatte:	Großer „	229·13 „
	Kleiner „	231·01 „
Poröser Backstein:	Großer „	81·86 „
	Kleiner „	82·59 „

Diff. $_{2n}$ = 11·3
Diff. $_{3n}$ = 12·7

Das sich hieraus ableitende y würde mit dem y der ersten Reihen nahezu identisch sein. Vielleicht giebt auch dieses für spätere Untersuchungen einen Anknüpfungspunkt.

Tabelle Nr. XIII. (d) Versuche mit verkleinertem Diffuseur 1 Centim. starke Platte.

J. des großen Diffuseurs 1990 Cc. ohne Capacität der Platte.

J. des kleinen „ 1504 „ „ „ „ „ (2·8382 Grm. CO_2 t 15 b 759 = 1520·6
2·8540 „ „ = t 15 b 760 = 1527·0

incl. Platte. . . . . 1524 Cc.

Material 1 Centim.	Diffusions-Dauer	b.	t.	Capacität der Platte. Cc.	Zur Berechnung kommendes Vol. Cc.	Im Diffuseur: nach dem Versuche Grm. CO_2	Im Diffuseur: nach d. Vers. Cc. CO_2.	Im Diffuseur: diffundirt Cc. CO_2.	pCt. CO_2 diffundirt.	Berechnete Anfangs-Diffusion pCt.	Cc. CO_2 pro Minute n. d. Anfangsdiffusion berechnet:	
Verblendstein (Vers. Halle) . . .	1	758	15	20	2005	0·7697	414·1	1590·9	79·35	79·07		
	1	758	15	20	2005	0·7908	425·4	1579·6	78·78	**2·5730** Min.	51·589	
Dasselbe (kl. Diff.)	1	759	12·5	20	1524	0·3700	197·1	1326·9	87·07	87·76		
	½	759	16	20	1524	0·9610	518·1	1005·9	66·00	**3·4402** Min.	52·429	f. d. 2. ½ Std. 22·44 pCt. ber.
Gypsplatte	¼	Vergleiche Tabelle Nr. XI. (Vol. 2080 Cc.)							80·87	**0·1836** Sec.		
„ (kl. Diff.)	¼	758	16	56	1560	0·3310	178·7	1381·3	88·54	**0·2404** Sec.	**0·2500** Cc.	
	¼	758	17	56	1560	0·6060	328·3	1231·7	78·96	**0·2595**		
Poröser Backstein	½	758	14	20	2010	1·1145	597·5	1412·5	70·27	70·54 Sec.	231·01	
	½	758	15	20	2010	1·0905	586·7	1423·3	70·81	**0·06788**	81·86	
„ „ (kl. Diff.) . .	½	758	17	20	1524	0·5520	299·0	1225·0	80·38	**0·09043**	82·59	
Seeberger Sandstein	1	758	16	11	2001	1·8195	982·2	1018·8	50·91	50·52		
	1	768	13	11	2001	1·8680	998·1	1002·9	50 12	**1·1657** Min.	23·33	
„ „ (kl. Diff.) . .	1	758	13·5	11	1515	1·1250	602·1	912·9	60·26	61·12		
	½	758	17·5	11	1515	1.7215	934·1	580·9	38·34	**1·5620** Min.	23·66	für 1 Std. ber. 61·98 pCt.

Seeberger Sandstein: Großer Diffuseur 23·33 Cc.
Kleiner „ 23·66 „

Obige Zahlen stimmen so vortrefflich überein, daß wir von der Annahme, die Anfangsdiffusion ist aus größeren und kleineren Räumen bei denselben Materialien gleich, weitergehen können.

Bezeichnet man mit x die Anfangsdiffusion in einem ersten Zeitabschnitt t, mit y_1 das Volumen des Gases im Diffuseur 1; mit y_2 dasjenige im Diffuseur 2, so wird sich die Diffusion in dem nfachen des ersten Zeitabschnitts nach den früher entwickelten Gleichungen in 1 gegenüber 2 nach den Formeln

$$S_1 = y_1 \left\{ 1 - \left(\frac{y_1 - x}{y_1} \right)^{nt} \right\}$$

$$S_2 = y_2 \left\{ 1 - \left(\frac{y_2 - x}{y_2} \right)^{nt} \right\}$$

gestalten.

Da der weitere Verlauf der Diffusion eine Function von x und y ist, so bedarf dieses keiner längeren Ausführungen.

Wenn man z. B. rechnen will, wie viel Kohlensäure in einer Stunde nach der Anfangsdiffusion von 23·5 Cc. p. Min. durch die Seeberger Sandsteinplatte 1 aus den 2001 Cc. und 1515 Cc. fassenden Diffuseuren ausgetauscht werden, so erhält man:

$$S_1 = 2001 \left\{ 1 - \left(\frac{2001 - 23{\cdot}5}{2001} \right)^{60} \right\}$$

$$= 2001 \times 0{\cdot}50777 = \mathbf{1016{\cdot}0}$$

Bei 2 Versuchen diffundirten in Wirklichkeit aus Diffuseur 1:

1018·8 Cc.
1002·9 „ } 1010·9

Für Diffuseur 2 wird die Gleichung bei demselben Material

$$S_2 = 1515 \left\{ 1 - \left(\frac{1515 - 23{\cdot}5}{1515} \right)^{60} \right\}$$

$$= 1515 \times 0{\cdot}60858 = \mathbf{922{\cdot}0} \text{ Cc.}$$

gefunden im Mittel von 2 Versuchen **926·0** „

Die obige Formel kommt im Nachstehenden zur Anwendung, um die Diffusionsgröße einer Wandfläche, welche einen Raum von bestimmter Größe einschließt, festzustellen.

VI. Fall. Endlich wäre noch eine Formel zu entwickeln, nach der man berechnen kann: in welcher Zeit sinkt der Kohlensäure- (resp. allgemein der Gasgehalt) in einem Raume, dessen Diffusionsgröße man für einen ersten (kleinen) Zeitabschnitt kennt, auf eine bestimmte Größe?

Zahlenbeispiel. Der Kohlensäuregehalt eines Raumes y betrage 10 pCt., die Anfangsdiffusion p. Minute 1 pCt. hiervon, wie lange wird es dauern, bis der Kohlensäuregehalt auf 1 pro mille gesunken ist?

Eine solche Formel ist nothwendig, um entscheiden zu können, in welcher

Zeit, durch die Wirkung der Diffusion allein, in einem Raume in größerer Menge angesammelte Gasarten, bis zu einem bestimmten Punkt, bei dem man den Gehalt der Luft an dieser Gasart nicht mehr für schädlich hält, aus dem Raume verschwinden.

Die Formel gewinnt man aus der für die Summe der Diffusion in einem n ten Vielfachen der Anfangsdiffusionszeit entwickelten Formel

$$S_{tn} = y \left\{ 1 - \left(\frac{y - x}{y} \right)^{tn} \right\}$$

$$\frac{S_{tn}}{y} = 1 - \left(\frac{y - x}{y} \right)^{tn}$$

$$1 - \frac{S_{tn}}{y} = \left(\frac{y - x}{y} \right)^{tn}$$

$$\log \left(1 - \frac{S_{tn}}{y} \right) = t_n \log \frac{y - x}{y}$$

$$t_n = \frac{\log \left(1 - \frac{S_{tn}}{y} \right)}{\log \frac{y - x}{y}}$$

Um die Sache an einem Zahlenbeispiel zu erläutern:

Es diffundirten durch eine poröse Backsteinplatte:

x = Anfangsdiffusion in 1 Sek.

= 1·3781532 Cc. y = 1524 Cc.

S = 1225 Cc. Summe der Diffusion in der gesuchten Zeit; gesucht t die Zeit, innerhalb welcher die Diffusion S = 1225 Cc. stattfindet.

Wir haben alsdann:

$$t = \frac{\log \left(1 - \frac{1225}{1524} \right)}{\log \frac{1524 - 1{\cdot}3781532}{1524}} =$$

$$\frac{0{\cdot}29268574 \; - 1}{0.996070244 - 1} =$$

$$\frac{-\; 0{\cdot}70731426}{-\; 0{\cdot}0003929756} = 1799{\cdot}9 \text{ Sek.}$$

Der Versuch hatte in Wirklichkeit gedauert ½ Stunde = **1800** Sek. Nach derselben Formel läßt sich berechnen, wie lange Zeit verstreichen muß, um den Kohlensäuregehalt, ausgehend von reiner Kohlensäure, auf die für gute Luft erforderliche Tiefe von 1 pro mille sinken zu lassen.

Der Einfachheit der Rechnung halber wollen wir von der durch den Versuch festgestellten Diffusion der ersten halben Stunde ausgehen.

S = 1522·476 (CO_2 Menge − 1 pro mille)

y = 1524

x = 1225

$$t = \frac{\log\left(1 - \frac{1522{\cdot}476}{1524}\right)}{\log\left(\frac{299}{1524}\right)}$$

$t = \mathbf{4{\cdot}181} \times t_x$; da $t_x = \frac{1}{2}$ Stunde war, wird somit der Kohlensäuregehalt von reiner Kohlensäure in **2·0905** Stunden auf 1 pro mille gesunken sein. Berechnet man nach der Formel

$$S_n = y\left(1 - \left(\frac{y - x}{y}\right)^{tn}\right)$$

wie viel in 4·181 halben Stunden diffundirt sein würde, so erhält man

$$S_n = 1524\ (1 - 0{\cdot}001103)$$

d. h. es würden nach 4·181 halben Stunden 1·103 pro mille Kohlensäure in der Luft enthalten gewesen sein.

VII. Fall. Welchen Einfluß üben Druck- und Temperaturveränderungen auf die Größe der Diffusion aus?

Den zu diesen Versuchen modificirten Apparat zeigt die Figur Nr. IV.

Die zur Absorption der in dem Diffuseur verbleibenden Kohlensäure dienenden Apparate waren genau dieselben wie bei den früheren Versuchen.

Um dem Diffuseur jede gewünschte Temperatur geben zu können, wurde derselbe in ein Blechgefäß eingelegt, aus welchem nur die Messingfassung hervorragte, um dort mit der in eine Blechhülse eingekitteten Platte von poröse m Material verbunden zu werden. Das Blechgefäß wurde mit Wasser von bestimmter Temperatur gefüllt und mittelst eines Thermostaten auf der bestimmten, constanten Temperatur erhalten. Die Zuleitung der Kohlensäure erfolgte durch eine 5 Meter lange Bleischlange, welche in dem Wassergefäß in Windungen hin- und hergeführt wurde. Hierdurch beabsichtigte man Kohlensäure von der bestimmten Temperatur in den Diffuseur einzuleiten; man erreichte den Zweck vollkommen, wenn man den Kohlensäurestrom nicht übermäßig heftig durch den Diffuseur gehen ließ.

Zur Controlirung der Temperatur befanden sich 2 Thermometer im Inneren des Diffuseurs, eines unmittelbar an der Platte, ein zweites in der Mitte des Diffuseurs. Die Außentemperatur wurde an einem, unmittelbar vor der Außenseite der Platte angebrachten Thermometer abgelesen. Die Regulirung der Außentemperatur war sehr schwer; durch Heizen des Raumes auf wenige Grade über die beabsichtigte Temperatur und Oeffnen von kleinen Thür- und Fensterspalten gelang es indessen bei einiger Sorgfalt, die Zimmertemperatur so constant zu halten, daß die Temperaturschwankungen 2—3 Zehntel Grade nicht überstiegen.

Bei den betreffenden Versuchen ist, wie aus der Anordnung der Tabelle Nr. XIV ersichtlich ist, der nach stattgehabter Diffusion im Diffuseur bleibende Kohlensäurerückstand bestimmt.

Tabelle Nr. XIV.

Vol. des Diffuseurs 2200 Cc. mit Seeberger Sandsteinplatte.
2255 „ „ Gypsplatte.

Material.	b.	Temperatur. Innere	Äußere	Differenz.	Mittel v. Innerer u. Äußerer.	Vol. d. Diff.-Inhaltes b. 0° — 760	Kohlensäure. im Diffuseur nach d. Versuch Grm.	= Cc. bei b. u. t. des Versuches.	diffundirt Cc.	diffundirt pCt.	pCt. Anfangsdiffusion.	Vol. d. diff. CO_2 bei b. u. t des Versuches Cc. p. Min.	Vol. d. diff. CO_2 n. d. Formel $v\left(\frac{b}{760\,(1+0{,}00367\,t)}\right)^2$ reducirt Cc.	Auf 760 reduc. $v\left(\frac{b}{760}\right)^2$.	
											Min.				
Seeberger Sandstein . .	763	10	10	0	10	2128	2·2060	1158 8	1041·2	47.33	1·0628	23 382	21·883	23·556	1
1 Centimeter-Platte . .	762	22·5	22·5	0	22·5	2038	1·9970	1096·3	1103·7	50.17	1·1542	25 392	21·789	25·525	2
Diffusionsdauer = 1 Stde.	748·5	15	15	0	15	2054	2·0325	1106·6	1093 4	49 70	1·1387	25·051	21·837	24·299	3
	747	15	10	5	12·5	2050	2·0675	1128·7	1071·3	48 70	1·1063	24·339	21.451	23·515	4
	743·5	15	10	5	12·5	2040	2·0560	1126·9	1073·1	48·78	1·1089	24·396	21·300	23·342	5
	743	20	10	10	15	2004	1·9830	1107·0	1093·0	49·68	1·1380	25·036	21·504	23·933	6
	743	30	10	20	20	1938	1·8765	1083·0	1117·0	50·77	1·1741	25·830	21·431	24·688	7
	742	40	10	30	25	1873	1·6810	1003·2	1196·8	54·40	1·3002	28·604	22·871	27·261	8
											Sec.				
Gypsplatte, 1 Centim. .	748	15·5	15·5	0	15·5	2100	1·4675	801·4	1443·6	64·02	0 0851	115·14	99·65	111·50	9
Diffusionsdauer = 20 Min.	748	16	16	0	16	2097	1·4660	802·0	1453·0	64·44	0·0861	116·49	100·70	113·85	10
	752	30	15	15	22·5	2010	1·3295	757·8	1497·2	66·40	0·0908	122·85	102·67	117·59	11
	752	45	15	30	30	1915	1·2460	745·3	1509·7	66·95	1·0922	124·75	99·13	122·19	12

Die vorstehende Frage muß nach 2 Richtungen untersucht werden:

1) Wie wird die Diffusionsgröße durch Druck- und Temperatur-Veränderungen, welche auf beiden Seiten der Scheidewand gleichmäßig eintreten, beeinflußt?

2) Wie wirken in dieser Richtung Druck- und Temperatur-Differenzen?

Die Versuche der Tabelle Nr. XIV. bieten ein gewisses Material zur Besprechung der beiden Fragen.

Daß Druck und Temperatur, auch wenn dieselben zu beiden Seiten der Scheidewand gleichmäßig verändert werden, einen Einfluß auf die Diffusionsgröße haben mußten, war vorauszusehen, da sich die Geschwindigkeiten der Gase von verschiedener Dichte sowohl bei der Diffussion wie auch bei der Bewegung in weiteren Röhren umgekehrt verhalten, wie die Quadratwurzeln dieser Dichten.

Ein unter höherem Druck stehendes Gas besitzt nun aber gegenüber demselben unter niedrigerem Druck stehenden Gase eine größere Dichte und wird deshalb eine geringere Bewegungs-Geschwindigkeit zeigen. Ebenso wird auch die Dichte und damit die Geschwindigkeit durch eine, auch beiderseitig erfolgende Temperatur-veränderung beeinflußt werden.

Diffussionsversuche, welche bei verschiedenen Druck- und Temperaturverhältnissen ausgeführt werden, sind daher nicht direkt vergleichbar, sondern müssen durch Rechnung auf denselben Barometerstand und dieselbe Temperatur, d. h. auf dieselbe Dichte, reduzirt werden.

Die Größe dieser Einflüsse ist sehr deutlich aus den Versuchen 1—3 der Tabelle zu ersehen. Diese Versuche wurden absichtlich bei verschiedenen, Innen und Außen aber gleichen, Temperaturen ausgeführt; zufällig änderte sich aber auch während derselben der Barometerstand sehr bedeutend. Es diffundirten nun bei:

Versuch	I	10° t	763 b	23·382 Cc. CO_2
„	III	15	748·5	25·051 „ „
„	II	22·5	762	25·392 „ „

Diese Versuche sind für unseren speziellen Zweck sehr lehrreich; einerseits kann man durch den Vergleich von Versuch I und II, welche bei verschiedenen Temperaturen, aber annähernd gleichem Barometerstand ausgeführt wurden, sehen, daß die Kohlensäure bei der höheren Temperatur mit größerer Geschwindigkeit diffundirte (Differenz 2·01 Cc. pro Minute) und zwar in einem größeren Verhältniß als der Ausdehnung derselben durch die betreffende Temperatur entsprach; 23·382 Cc. Kohlensäure von 10° C. würden nämlich nur 24·416 Cc. bei 22·5° C. entsprechen, während in Wirklichkeit 25·392 Cc. diffundirten. Andererseits zeigt der Vergleich von Versuch III und II mit einer Diffusion von 25·051 und 25·392 Cc. Kohlensäure, daß hier die Beschleunigung, welche durch die Temperatur-Erhöhung von 7·5° C. hätte eintreten müssen, durch den bei Versuch II gegen Versuch III von 13·5 Mm. höheren Barometerstand ausgeglichen wurde.

Aus obigen Versuchen kann man nun aber die Gesetzmäßigkeit ableiten, daß

sich die Quadratwurzeln der Diffusionsgrößen umgekehrt verhalten wie die durch verschiedenen Druck und Barometerstand bedingten Dichten der diffundirten Kohlensäure.

Bezeichnet man mit Diff. t_1 b_1 die bei einem Barometerstand b_1 und einer Temperatur t_1 stattfindenden Diffusion, mit Diff. t_2 b_2 die Diffusion bei b_2 und t_2, mit d_1 die Dichte der Kohlensäure bei b_1 und t_1; mit d_2 dieselbe bei b_2 und t_2, so verhält sich

$$\sqrt{\text{Diff. } t_1\ b_1} : \sqrt{\text{Diff. } t_2\ b_2} = d_2 : d_1$$

oder auch

$$\text{Diff. } t_1\ b_1 : \text{Diff. } t_2\ b_2 = d_2^2 : d_1^2$$

Die Diffusionsgrößen verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Dichten.

Es ist z. B.:

d_1 die Dichte der Kohlensäure bei 763 Mm. b_1 und 10° C. t_1 des Versuches I = 1·90403,

d_2 die Dichte der Kohlensäure bei 762 Mm. b_2 und 22·5° C. t_1 des Versuches II = 1·8263

und es verhält sich (Diff. t_1 b_1 = 23·382 : Diff. t_2 b_2 = 25·392)

$$\sqrt{23{\cdot}382} : \sqrt{25{\cdot}392} = 1{\cdot}8263 : 1{\cdot}90403$$

$$4{\cdot}8355 : 5{\cdot}0390 = 1{\cdot}8263 : 1{\cdot}90403$$

d. h. es muß gleich sein:

$$\frac{5{\cdot}0390}{4{\cdot}8355} = \frac{1{\cdot}90403}{1{\cdot}8263}$$

$$1{\cdot}0421 = 1{\cdot}0426$$

Eine sehr befriedigende Uebereinstimmung.

Hieraus folgt der schon oben ausgesprochene Satz, daß alle Diffusionsversuche, um vergleichbar zu werden, auch wenn zu beiden Seiten der Scheidewand gleiche Verhältnisse vorliegen, auf gleichen Druck und gleiche Temperatur reduzirt werden müssen.

Die zu dieser Reduktion erforderliche, nach den vorstehenden Erörterungen ohne Weiteres verständliche Formel lautet, wenn man auf 0° und 760 Mm. reduziren will:

$$\text{Diff. } 0^\circ \text{ u. } 760 \text{ Mm.} = \text{Diff. t. b.} \left(\frac{b}{760\,(1 + 0{\cdot}00367\ t)}\right)^2$$

Es leuchtet nun ein, daß die mit demselben Material, aber bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenem Druck ausgeführten Versuche gleiche Resultate geben müssen, wenn sie auf gleiche Verhältnisse reduzirt werden, so wird z. B.

Versuch I = 10° t 763 b = 23·382 Diff. t. b = 21·883 reduc. Diff. 0° — 760 Mm.

„ III = 15 „ 748·5 „ = 25·051 „ „ = 21·789 „ „ 0° — 760 „

„ II = 2·25 „ 762 „ = 25·392 „ „ = 21·837 „ „ 0° — 760 „

Die vorher existirenden Differenzen sind durch die Ausführung der Reduktion, deren Richtigkeit übrigens hierdurch experimentell dargethan ist, verschwunden.

Nach der Formel:

$$\text{Diff. } 0^\circ \text{ 760 Mm.} = \text{Diff. t b } \left(\frac{b}{760\,(1 + 0{\cdot}00367\,t)}\right)^2$$

sind sämmtliche Versuche in den Tabellen dieser Arbeit, soweit es zum Vergleiche nöthig war, auf 0° und 760 Mm. reduzirt.

Da die Gesetze der Gasbewegung unter dem Einfluß der Diffusion und der Druckdifferenz in obigen Beziehungen übereinstimmen, so folgt aus den vorstehenden Erörterungen, daß alle Untersuchungsmethoden, welche man zur Ermittelung der Durchlässigkeit der Baumaterialien, sei es auf dem Wege der Diffusion, sei es auf dem Wege der Pulsion oder Aspiration von Gasen durch die Baumaterialien, anwendet, nur dann genau vergleichbare Resultate liefern, wenn dieselben bei genau gleichen Temperaturen ausgeführt oder auf gleiche Temperaturen reduzirt sind.

Es ist vorauszusehen, daß man durch eine gleiche Druckdifferenz größere Mengen wärmerer Luft durch jedes poröse Material saugen oder drücken kann, als kälterer Luft unter denselben Verhältnissen. Die schon mehrfach erwähnten Untersuchungen von Lang (Zeitschrift für Biologie XI. 313. 1875) und Brückmann (III. Jahresbericht d. Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege zu Dresden, 45) haben diesen Einfluß der Temperatur auf die Bewegungsgeschwindigkeit der Gase, soweit wenigstens aus den Angaben der betreffenden Abhandlungen zu ersehen ist, nicht berücksichtigt, obgleich dieses, streng-genommen, hätte geschehen müssen, um absolut vergleichbare Zahlen zu erhalten. Da die Versuche indessen gewiß bei einer ziemlich constanten Zimmertemperatur ausgeführt sind, so behalten sie wohl eine annähernde Vergleichbarkeit.

Beiläufig mögen nachstehend noch die Formeln gegeben werden, um eine bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Barometerstand beobachtete Diffusionsgröße auf jede beliebige Temperatur und jeden beliebigen Barometerstand zu reduziren:

Es ist

$$\text{Diff. } 0^\circ \text{ 760 Mm.} = \text{Diff. } t_1\, b_1 \left(\frac{b_1}{760(1 + 0{\cdot}00367\,t_1)}\right)^2$$

$$\text{Diff. } 0^\circ \text{ 760 Mm.} = \text{Diff. } t_2\, b_2 \left(\frac{b_2}{760(1 + 0{\cdot}00367\,t_2)}\right)^2$$

$$\text{Diff. } t_1\, b_1 \left(\frac{b_1}{1 + 0.00367\ t_1}\right)^2 = \text{Diff. } t_2\, b_2 \left(\frac{b_2}{1 + 0{\cdot}00367\,t_2}\right)^2$$

$$\text{Diff. } t_1\, b_1 = \text{Diff. } t_2\, b_2 \frac{\left(\frac{b_2}{1 + 0{\cdot}00367\,t_2}\right)^2}{\left(\frac{b_1}{1 + 0{\cdot}00367\,t_1}\right)^2}$$

$$\text{Diff. } t_1\, b_1 = \text{Diff. } t_2\, b_2 \left(\frac{b_2\,(1 + 0{\cdot}00367\,t_1)}{b^1\,(1 + 0{\cdot}00367\,t_2)}\right)^2$$

Hiermit wäre die Frage über den Einfluß einer auf beiden Seiten einer porösen Scheidewand gleichmäßig stattfindenden Druck- und Temperatur-

veränderung auf die Diffusionsgröße, soweit es nach den Zahlen dieser Arbeit möglich war, erledigt und es wäre nun zu dem Einfluß der Temperaturdifferenz auf die Diffusionsgröße überzugehen.

Wenn man sich den Verlauf einer unter dem Einflusse einer Temperaturdifferenz stattfindenden Diffusion vergegenwärtigt unter der Annahme, daß die Temperatur während des Versuches constant bleibt, so erhält man Folgendes:

Wenn die Temperatur im Innern des Diffuseurs höher ist als die Außentemperatur, so besitzt die dem erwärmten Diffuseur-Inhalt zugekehrte Seite der porösen Scheidewand (wenigstens annähernd, wie experimentell durch Temperaturmessungen nachgewiesen wurde) die Temperatur des Diffuseurinhaltes, während die Außenseite der Scheidewand die niedrigere Temperatur der kälteren Außenluft besitzt; im Innern der Platte wird daher eine von Außen gleichmäßig zunehmende, von Innen aber abnehmende Temperatur herrschen und die Mitteltemperatur der porösen Scheidewand wird, t_1 = der Außentemperatur, t_2 = der Innentemperatur gesetzt:

$$\frac{t_1 + t_2}{2}$$

sein. Wenn nun das erwärmte Gas des Diffuseurs gegen kältere Außenluft diffundirt, wird dasselbe seine Diffusion durch die Scheidewand mit einer der Innentemperatur der Scheidewand, welche der Temperatur des Gases gleich ist entsprechenden Geschwindigkeit beginnen; beim weiteren Vorschreiten wird es aber im Innern der Scheidewand abgekühlt und damit in seiner Bewegung verlangsamt werden, um endlich die Scheidewand mit der Außentemperatur und einer derselben entsprechenden Geschwindigkeit zu verlassen. Umgekehrt wird die kalte Außenluft den Eintritt mit einer der niedrigen Außentemperatur entsprechenden Geschwindigkeit beginnen und, im weiteren Vordringen erwärmt, in ihrer Bewegung eine entsprechende Beschleunigung erfahren.

Als Resultante dieser einerseits verlangsamten, andererseits entsprechend beschleunigten Bewegung muß eine Geschwindigkeit hervorgehen, welche der Mitteltemperatur der Scheidewand, oder was dasselbe ist, dem Mittel der Temperatur von Außenluft und Gas im Diffuseur entspricht (natürlich bei gleich bleibendem Druck gedacht). Da nun die Diffusions-Geschwindigkeit den Quadraten der Dichtigkeit umgekehrt proportional ist, so wird für Temperatur-Differenzen folgendes Verhältniß gelten:

Durch verschiedene Innen- und Außen-Temperaturen wird die Diffusions-Geschwindigkeit (bei gleichem Druck) in einem Verhältniß beeinflußt, welches dem Quadrat der dem Mittel von Außen- und Innen-Temperatur entsprechenden Dichtigkeit umgekehrt proportional ist.

Der experimentelle Beweis ist aus den Zahlen der bei Temperatur-Differenzen ausgeführten Versuche der Tabelle XIV. sehr schön zu führen.

Wenn die vorstehenden Ausführungen richtig sind, müssen alle bei verschiedenen Temperatur-Differenzen ausgeführten Versuche zu gleichen Zahlen führen,

wenn man die Reduktion auf eine gemeinsame Temperatur nach dem Mittel zwischen Innen- und Außen-Temperatur ausführt.

Es wurde nun für den Seeberger Sandstein eine Diffusion von

21·836 Cc. CO_2 p. Min.

bei 0° 760 Mm. beobachtet, als Innen- und Außen-Temperaturen zu beiden Seiten der Scheidewand 10° — 15° — 22·5° C. betrugen.

Als mit folgenden Temperatur-Differenzen experimentirt wurde:

Versuch IV. u. V.	15° C.	Innen,	10° C.	Außen,	12·5 Mittel.
VI.	20 „		10 „		15 „
VII..	30 „		10 „		20 „
VIII.	40 „		10 „		25 „

erhielt man auf gleichen Druck reduzirt

IV. u. V.	23·429 Cc. CO_2 p. Min.
VI.	23·933 „ „
VII.	24·688 „ „
VIII.	27·261 „ „

Auf die obigen Mittel-Temperaturen reduzirt, müßten diese Zahlen gleich werden, wenn sie dem Gesetz: „Die Diffusion bei Temperatur-Differenzen vollzieht sich dem Temperatur-Mittel entsprechend," folgen sollen; die Zahlen ergeben in der That:

reduz. 0° IV. u. V.	21·376 Cc. CO_2
VI.	21·504 „
VII.	21·431 „
VIII.	22·871 „

Sie sind somit nicht allein untereinander, sondern auch der bei Temperatur-Gleichheit beobachteten Mittelzahl

21·836 Cc. CO_2

nahezu gleich.

Die Zahlen der Tabelle enthalten aber außerdem noch zwei mit dem Seeberger Sandstein ausgeführte Versuche, welche dasselbe beweisen.

Versuch III. ist bei einer Temperatur von 15° C. Innen und Außen ausgeführt, Versuch VI. bei 20° C. Innen- und 10° C. Außentemperatur, d. h. bei derselben Mitteltemperatur von 15° C. wie Versuch III.; beide Versuche müßten, auf gleichen Barometerstand reduzirt, dieselben Zahlen ergeben. Man beobachtete

III.	24·299 Cc. CO_2 p. Min.
VI.	23·933 „ „
	0·366 Cc. CO_2 Differenz,

also eine fast gleiche Diffusionsgröße.

Um die Gültigkeit des Gesetzes auch für größere Geschwindigkeiten nachzuweisen, wurden Versuch IX.—XII. mit einer sehr porösen Gypsplatte ausgeführt.

Es diffundirten bei diesen Versuchen, zunächst bei gleichen Außen- und Innen-Temperaturen, auf gleichen Druck reduzirt:

Versuch IX. 15·5° C. 111·50 Cc. p. Min.
X. 16·0 „ 113·85 „ „

Ferner bei Temperatur-Differenzen:

Versuch XI. 30° C. Innen 15° C. Außen 117·59
XII. 45 „ 15 „ 122·19

Auf 0° C. reduzirt (Versuch XI. nach 22·5° C., XII. 30° C. Mittel von Innen- und Außen-Temperatur)

Versuch IX. 99·65 Cc. p. Min.
X. 100·70 „
XI. 102·67 „
XII. 99·13 „

d. h. es ist die Diffusionsgröße auch hier der Mitteltemperatur entsprechend.

Die Konsequenzen der vorstehenden Erörterungen für das Wesen der Diffusionserscheinungen sind weittragende.

Zunächst ist es nicht sowohl eine Temperatur-Differenz als solche, sondern jede auch beiderseitig einer Scheidewand gleichmäßig erfolgende Temperatur-Veränderung überhaupt, welche bei genauen Versuchen und Rechnungen über die Diffusionsgröße berücksichtigt werden muß. Wenn z. B. bei 0° (stets unter gleichem Druck gedacht) auf dem Wege der Diffusion 100 Vol. irgend einer Gasart eine poröse Scheidewand durchdringen, werden bei 20° C. bereits

$$100\ (1 + 0{\cdot}00367 \times 20)^2 = \mathbf{115{\cdot}22}\ \text{Vol.}$$

diffundiren; also eine weit außerhalb des Versuchsfehlers einer jeden brauchbaren Methode liegende Differenz.

Daß der Umstand der leichteren Beweglichkeit erwärmter, d. h. weniger dichter Luft, auch bei der Ventilation durch poröse Baumaterialien zu berücksichtigen sein dürfte, soll weiter unten besprochen werden.

Das oben entwickelte Gesetz besagt außerdem, daß eine beiderseitige Temperaturerhöhung die Geschwindigkeit der eine poröse Scheidewand durchströmenden Gase mehr erhöhen muß, als eine nur einseitige.

Wenn z. B. die Innentemperatur von 10° auf 15° C. erhöht wird, während die Außentemperatur einmal bei 10° C. verbleibt, ein andermal aber auf ebenfalls 15° C. erhöht wird, so muß in dem ersten Falle eine Mitteltemperatur von $\frac{15+10}{2} = 12{\cdot}5°$ C., im zweiten Falle aber eine der Temperutur von 15° C. entsprechende Beschleunigung der Diffusion eintreten; dieselbe muß also im letzten Falle größer sein als im ersten.

Aus den Zahlen der Tabelle können wir denn auch entnehmen, daß bei der Temperatur von:

15° C. Innen 15° C. Außen 23·933 Cc. CO_2

diffundirten. Bei einer Temperatur-Differenz von 5° C., zusammengesetzt aus 10° C. und 15° C. = 12·5° C. im Mittel, diffundirten aber nur

15° C. Innen 10° C. Außen 23·429 Cc. CO_2,

also 0·504 Cc. CO_2 trotz der Temperatur-Differenz weniger als bei dem ersten Versuche, da die Temperatur-Differenz als solche vollkommen gleichgültig für die Diffusionsgröße ist, und nur die Veränderung der Mitteltemperatur in Betracht kommt.

Aus diesem Grunde braucht eine Temperatur-Differenz nicht unter allen Umständen verändernd auf die Geschwindigkeit der diffundirenden Gase zu wirken. Man denke sich z. B., daß einerseits eine Temperaturerhöhung von x_1, andererseits eine Temperatur-Erniedrigung von x_2 einträte, so wird die Diffusion der Mitteltemperatur entsprechend verlaufen, also in unserem Falle noch

$$\frac{(t+x_1)+(t-x_2)}{2} = \frac{2t+(x_1-x_2)}{2}$$

wenn x_1 die Temperatur-Erhöhung $= x_2$ der Temperatur-Erniedrigung wird, alsdann wird:

$$x_1 - x_2 = 0$$

d. h. der Ausdruck

$$\frac{2t+(x_1-x_2)}{2} = t$$

und die Diffusions-Geschwindigkeit wird nicht verändert.

Die Diffusions-Geschwindigkeit bei 15° C. Innen- und Außen-Temperatur muß z. B. derjenigen bei 20° C. Innen- und 10° C. Außen-Temperatur gleich sein, wo

$$\frac{2\times 15+(5-5)}{2} = 15^\circ\,\text{C.}$$

unverändert bleibt, und in der That war bei den Versuchen bei

15° C. eine Diffusion von 24·299 Cc.

bei:

20—10° C. eine Diffusion von 23·933 Cc.

Eine Temperatur-Differenz muß sogar, wenn sie durch eine einseitig erfolgende Temperatur-Erniedrigung hervorgebracht wird, die Diffusions-Geschwindigkeit vermindern, denn es ist alsdann:

$$\frac{t+(t-x_2)}{2} = \frac{2t-x_2}{2} < t$$

also auch die $\frac{2t-x}{2}$ entsprechende Diffusions-Geschwindigkeit kleiner als diejenige für t.

Es liegt darin ein wesentlicher Unterschied der Wirkung der Diffusion und der unter dem Einfluß einer Druckdifferenz stattfindenden Bewegung der Gase bei der Ventilation.

Bei der Ventilation vermehrt jede Temperatur-Differenz, mag sie durch Erhöhung der Innen- oder Erniedrigung der Außen-Temperatur[1]) hervorgebracht

1) Der Fall der Erniedrigung der Innentemperatur unter die Außentemperatur ist hierbei selbstredend ausgeschlossen.

werden, den Druckunterschied zwischen innerer und äußerer Luft, und es muß, da die Größe der Ventilation der Druckdifferenz direkt proportional ist, unter allen Umständen eine Vermehrung der Ventilation eintreten.

Bei der Diffusion kann allerdings durch eine Temperatur-Differenz auch eine Vermehrung eintreten, aber nur dann, wenn die Differenz durch eine Temperatur-Erhöhung erzeugt wurde. Eine durch die Außen-Temperatur-Erniedrigung bewirkte Differenz vermindert sogar die Diffusions-Geschwindigkeit, während sie die Bewegungs-Geschwindigkeit der Luft bei der Ventilation unter allen Umständen verstärkt. Während endlich eine beiderseitig gleichmäßig eintretende Steigerung der Temperatur (ohne das Zustandekommen einer Temperatur-Differenz) die Diffusions-Geschwindigkeit vermehrt und zwar in stärkerem Maße, als wenn dieselbe einseitig erfolgte, wird dabei die Ventilation nicht beeinflußt, da eine Druckdifferenz, die Grundbedingung der Luftbewegung bei der Ventilation, alsdann nicht vorhanden ist.

Bevor wir die Erörterungen über den Einfluß von Temperatur-Veränderungen auf die Diffusions-Geschwindigkeit verlassen, müssen wir noch einmal auf einen bereits mehrfach erwähnten Punkt zurückkommen.

Schon oben wurde angedeutet, daß man bei genauen Rechnungen über die Bewegungs-Geschwindigkeit der Luft bei der Ventilation die Temperatur der bewegten Luft ebenso berücksichtigen müsse wie bei der Diffusion, da Luft von höherer Temperatur durch dieselbe Druckdifferenz mit größerer Geschwindigkeit durch eine poröse Scheidewand bewegt werden müsse als Luft von niedrigerer Temperatur. Weder Schürmann noch Lang (a. a. O.) haben diesen Umstand bei ihren sonst so sorgfältig ausgeführten Versuchen berücksichtigt, ebenso wenig wie Schürmann denselben bei seinen mathematischen Spekulationen über den Einfluß der Temperatur auf die Stärke der Ventilation Rechnung getragen hat. Und doch wollte es dem Referenten scheinen, als ob der Einfluß der verschiedenen Beweglichkeit der Gase von verschiedenen Temperaturen durch poröse Medien nicht vernachlässigt werden dürfe.

„Wenn wir z. B. Schürmann in seinen Entwickelungen über den Einfluß „der Temperatur auf die Ventilation folgen wollen, so wäre die Gewichtsdiffe„renz gleicher Volumina warmer und kalter Luft — wie als vollkommen richtig „zugegeben wird — die Ursache der natürlichen Ventilation (bei Windstille gedacht); „die leichtere Luftmasse müsse aufsteigen und, um ihren Platz auszufüllen, ein „gleiches Volum kalter Luft niedersinken. Wenn nun gesetzt wird

v = der Geschwindigkeit,
p_1 = dem Gewicht einer Volumeinheit bei der Temperatur 1,
p_2 = „ „ „ „ „ „ „ 2,
h = der Steighöhe der Luft im Raume,
g = Acceleration, Konstante der Bewegungsformel = 9·81 Meter,

„so werden bewegt die Gewichte $p_1 + p_2$ durch die Differenz dieser Gewichte „$p_2 - p_1$ und es wird sein, wenn vorläufig der Widerstand der porösen Wand „und jede Reibung bei der Bewegung außer Acht gelassen wird:

$$v = \sqrt{2\,g\,h\,\frac{p_2 - p_1}{p_1 + p_2}}$$

„Diese Gleichung gilt aber nur für eine Linie von der unteren Grenze des „erwärmten Raumes; für eine Linie, über welcher die Höhe der erwärmten Schicht „h_1 ist, ist letzterer Werth in die Formel einzuführen u. s. w., bis unmittelbar „unter der Decke des Raumes $h = o$ wird, so daß also h den Werth $\frac{h + h_o}{2}$ „oder einfacher $\left(\frac{h}{2}\right)$ erhält.

„Hierdurch wird die Gleichung

$$v_e = \sqrt{2\,g\,\frac{h}{2}\,\frac{p_2 - p_1}{p_1 + p_2}}$$

„(oder vereinfacht)

$$v_e = \sqrt{g\,h\,\frac{p_2 - p_1}{p_1 + p_2}}$$

„Da nun endlich in dieser Formel auf kein Bewegungshinderniß, wie dasselbe „aber in einer porösen Wand vorliegt, Rücksicht genommen ist, so erhält man erst „praktische Werthe, wenn man mit einem Faktor u der „*je nach Art der „Wände*“ alle Werthe von 0 bis 1 haben kann, multiplizirt. Es ist somit

$$v_e = \sqrt{2\,u\,g\,\frac{h + h_o}{2}\,\frac{p_2 - p_1}{p_1 + p_2}}$$

„(oder einfacher)

$$v_e = \sqrt{u\,g\,h\,\frac{p_2 - p_1}{p_1 + p_2}}$$

So weit die *Schürmann*'sche Entwicklung, als deren Resultat folgt, daß u der das Bewegungshinderniß ausdrückende Faktor, je nach Art der Wände verschieden, *für jede spezielle Wand aber eine Konstante sei.*

Obige Annahme ist streng genommen aber nicht richtig, sie müßte lauten: „*Je nach Art der Wände und Temperatur der durch die porösen Medien bewegten Luft;*“ u ist also nicht ein für allemal abhängig von der Art der Wände, für dieselbe Wandart nicht eine Konstante, sondern eine je nach der Temperatur der Wände variable Größe. Zum Verständniß dieses Verhaltens brauchen wir nur auf die über die Diffusions-Geschwindigkeit der Gase von verschiedenen Temperaturen gegebenen Ausführungen zurückzublicken. Dort sahen wir, daß Gasarten von höherer Temperatur in den Poren der Scheidewände einen geringeren Widerstand fanden und sich dem entsprechend auch schneller bewegten. Es ist nun gewiß nicht zu weit gegangen, wenn man hieraus schließt, daß auch bei der Ventilation *durch dieselbe Druckdifferenz* Gase, welche innerhalb eines porösen Mediums in ihrer Temperatur verändert werden, auch eine Veränderung ihrer Bewegungs-Geschwindigkeit erleiden.

Nun ist es aber eine von *Pettenkofer* so vielfach hervorgehobene Eigenschaft der porösen Wandungen, die Luft in ihren Poren vorzuwärmen, um den

Eintritt der Außenluft nicht unvermittelt in kaltem Strome zum Inneren bewohnter Räume geschehen zu lassen.

Zur Winterszeit besitzt eine Wand an derjenigen Seite, welche dem erwärmten Raume zugekehrt ist, eine weit höhere Temperatur als auf den von der kalten Außenluft umgebenen Außenflächen. Die auf dem Wege der natürlichen Ventilation durch die Poren der Baumaterialien dringende Luft wird in dem Maße, wie sie die Wandungen durchdringt, je weiter sie nach Innen vordringt, mit Mauerwerk von immer zunehmender Temperatur in Berührung kommen, von dem letzteren gewisse Wärmemengen empfangen, um endlich mit einer der Zimmerluft genäherten Temperatur in den Raum einzutreten.

Unter allen Umständen findet also eine Temperaturveränderung der eintretenden Luft im Innern der Wandungen statt; diese selbst kann aber sehr verschieden sein. Zu Beginn des Winters, wo die Wände vom Sommer her noch eine höhere Temperatur besitzen, wird besser vorgewärmte Luft den Zimmern zugeführt werden als zu Ende des Winters, wo die Wände durch die lange andauernde Kälte „gründlich ausgekühlt" sind; wie es denn auch eine bekannte Erfahrung ist, daß sich dieselben Räume bei einer gleichen Außentemperatur zu Anfang des Winters weit leichter heizen als zu Ende desselben. Bei einer gleichen Temperatur-Differenz zwischen innerer und äußerer Luft wird die Luft im Innern der porösen Wandungen einen um so geringeren Widerstand finden, der Faktor u wird 1 um so mehr genähert und hierdurch die Bewegung um so mehr beschleunigt werden, je mehr die Luft durch das poröse Mauerwerk vorgewärmt wird. Jedenfalls ist es nicht gleichgültig für die Stärke der Ventilation, in welchem Maße die Luft durch die porösen Wandungen vorgewärmt wird; es dürfte nicht ohne Interesse sein, durch Temperaturmessungen zu konstatiren, welche verschiedene Temperaturen die Wandungen zu verschiedenen Jahreszeiten annehmen, wie bald und wie tief die Kälte in die Wandungen eindringt, und wie dem entsprechend die Vorwärmung der Luft eine verschiedene ist; von großem Interesse dürfte es ferner sein zu untersuchen, ob sich verschiedene Baumaterialien, Backsteine, Sandsteine ꝛc. hierbei verschieden verhalten.

Die oben gegebenen Ausführungen lassen uns noch einen Schritt weiter gehen:

Aus den von Schürmann entwickelten Formeln

$$\text{I)}\quad v_e = \sqrt{2\,u\,g\,\frac{h + h_o}{2}\,\frac{p_2 - p_1}{p_1 + p_2}}$$

$$\text{II)}\quad P_e = (h + h_o)\,(p_2 - p_1)\,F$$

wobei P_e = den Druck,

F = die Wandstärke

bedeutet, wird gefolgert, „daß unter sonst gleichen Umständen, z. B. beim selben „Zimmer (der Temperaturveränderung durch die Wand wird dabei nicht gedacht) „der Druck P_e direkt proportional der Gewichtsdifferenz zwischen gleichen Vo„lumina innerer und äußerer Luft ist." Es läßt sich danach, unter der Annahme,

daß die Ventilationsbeträge den Drucken proportional sind, die Ventilationsgröße für jede Temperaturdifferenz berechnen, wenn sie für eine bestimmte gefunden ist.

Nach der einfachen Proportion

$$L_x : L_b = (p_2 - p_1)_x : (p_2 - p_1)_b$$

in welcher:

L_x = den gesuchten Luftwechsel,

L_b = den beobachteten Luftwechsel,

$(p_2 - p_1)_x$ = der Gewichtsdifferenz zwischen gleichen Volumina innerer und äußerer Luft am Tage des zu suchenden Luftwechsels,

$(p_2 - p_1)_b$ = dasselbe am Tage des gefundenen

bedeutet, ergiebt sich

$$L_x = L_b \frac{(p_2 - p_1)_x}{(p_2 - p_1)_b}$$

Diese Gleichung wäre vollkommen richtig, wenn man annähme, daß Gase von verschiedener Temperatur im Innern eines porösen Materials denselben Widerstand fänden. Da man jedoch nach den für die Diffusion in der vorliegenden Arbeit gemachten Beobachtungen weiß, daß Gase von höherer Temperatur sich schneller durch ein poröses Medium bewegen, und daß diese Bewegungsgrößen sich umgekehrt verhalten, wie die Quadrate der den betreffenden Temperaturen entsprechenden Dichten, so ist es zum wenigsten als wahrscheinlich zu bezeichnen, daß die Luftbewegung bei der Ventilation sich nach ähnlichen Gesetzen, jedenfalls aber abhängig von der Erwärmung in dem porösen Mauerwerk vollzieht.

Es wäre dann nicht:

$$L_x = L_b \frac{(p_2 - p_1)_x}{(p_2 - p_1)_b}$$

sondern es verhielten sich diese Größen umgekehrt wie die Quadrate der Dichten, welche der Mitteltemperatur des betreffenden Mauerwerks, D_x bei der gesuchten, D_b bei der gefundenen Ventilation entsprechen, also

$$L_x : L_b \frac{(p_2 - p_1)_x}{(p_2 - p_1)_b} = D_b^2 : D_x^2$$

und somit wäre der für eine bestimmte Temperatur gesuchte Luftwechsel

$$L_x : L_b \frac{(p_2 - p_1)_x \, D_b^2}{(p_2 - p_1)_b \, D_x^2}$$

In den vorhergehenden Erörterungen ist bisher, der Einfachheit halber, nur von dem Einfluß der Temperatur auf die Bewegungs-Geschwindigkeit gesprochen, es ist nun aber, als eigentlich selbstverständlich, hinzuzufügen, daß der Barometerstand durch die Veränderung der Dichte denselben Einfluß besitzen muß. Eines besonderen Ausdrucks in der oben entwickelten Formel bedarf dieser jedoch nicht, da D die Dichte von Temperatur, ebenso wie vom Barometerstand abhängig ist.

Hiermit möge die Abschweifung von den Verhältnissen der Diffusion auf diejenige der Ventilation geschlossen werden. Ihr Zweck war nicht, etwas irgendwie Erschöpfendes zu geben, sondern nur auf einige vielleicht noch vor-

handene Ungenauigkeiten in den bisher angewendeten Berechnungsweisen aufmerksam zu machen. Eine experimentelle Ausdehnung der Untersuchungen in Verbindung mit der von Schürmann angebahnten mathematischen Behandlung des Gegenstandes, welche letztere auf diesem Gebiete mit großer Freude zu begrüßen ist, wird gewiß noch manchen neuen Aufschluß bringen.

II. Die relative Durchlässigkeit der Baumaterialien.

In der Uebersichtstabelle Nr. XV sind sämmtliche Materialien, nach Gruppen geordnet, zusammengestellt; die daneben stehenden Zahlen, für die durch 1 □M. Fläche bei 0° u. 760 Mm. stattfindende Diffusion, sämmtlich nach der Anfangsdiffusion eines ersten kleinen Zeitabschnitts berechnet, gestatten einen genauen Vergleich bezüglich ihrer Durchlässigkeit für Kohlensäure.

Wenn wir das in der vorstehenden Tabelle enthaltene reiche Material — dasselbe umfaßt 72 verschiedene Arten von Baumaterialien — nach seiner größeren oder geringeren Durchlässigkeit gruppiren wollen, so erhalten wir sehr komplizirte Verhältnisse, welche es bedenklich erscheinen lassen, generalisirende Schlüsse für die eine oder andere Art irgend eines Baumaterials schon jetzt zu ziehen. Beginnen wir zunächst mit den für den Backstein aus den Diffusionsversuchen abgeleiteten relativen Durchlässigkeitswerthen.

Wir begegnen dort den allergrößten Unterschieden, welche noch vermehrt werden, wenn man die Resultate der Untersuchungen von Schürmann und Lang hinzunimmt.

Obenan steht in der Durchlässigkeit der in der Provinz Sachsen als leichtes und dabei relativ doch sehr haltbares und dauerhaftes Material geschätzte sogenannte „poröse Ziegelstein." Derselbe wird hauptsächlich in den großen Ziegeleien von Salzmünde, Trotha, Sennewitz, Bitterfeld ꝛc. aus den weißen Thonen der Tertiärformation derart bereitet, daß der gehörig vorbereitete Thon mit „Braunkohlengruß" gemischt, durch Ziegelpressen geformt und nach dem Trocknen in Ziegelöfen gebrannt wird. Beim Brennen wird der untergemischte Braunkohlenstaub mit verzehrt, und es entstehen nicht allein an den Stellen, wo er im Ziegelstein enthalten war, Hohlräume von entsprechender Größe, sondern derselbe wirkt einem Sauerteig vergleichbar, indem er bei der zuerst stattfindenden trockenen Destillation und nachherigen Verbrennung flüchtige Produkte und Kohlensäure entwickelt und hierdurch den Stein durchgehends mit großen Poren erfüllt. Diese Poren waren bei den zur Untersuchung verwendeten Versuchsstücken so groß, daß von einem Versuche, die Porosität dieses Steines durch Erfüllung der Hohlräume mit Wasser zu bestimmen, abgesehen werden mußte.

Daß ein solcher Stein in seiner Durchlässigkeit weit über andere, ohne eine Auflockerung bereiteten Steinen stehen muß, kann nicht Wunder nehmen.

In der Porosität folgen sodann die „Handziegelsteine", während die Maschinenpreßziegel sich als ein weit weniger poröses Material erweisen. Offenbar ist das festere oder leichtere Einstreichen der Thonmasse in die Ziegelformen nicht ohne Einfluß auf die Porosität des resultirenden Backsteins. Während die

Uebersichts-Tabelle Nr. XV.

Materialien.	Cub.-Met CO_2 diff. pro Std. u. □Met. 1 Centim. starken Materialien. corr.	Die Porosität betrug pCt. des Volumens	Versuchsreihe.
16 Backsteine.			
Poröser Stein aus Salzmünde	0·5860	—	d
Lockerer Dachziegel	0·5477	41·4	d
Weißer Ziegelstein sehr locker.	0·5357	34·6	d
Ordinärer rother Backstein.	0·3333	—	a
Ordinärer Handziegel II. 18	0·3444	38·7	b
Backstein, locker. II 21	0.2934	38·7	b
Backstein XV., schwach gebrannt.	0·2545	33·3	c
Handziegel XXI. (2).	0·2588	37·0	c
Handziegel III. 20	0·2457	33·2	b
Maschinenziegel, schwach gebrannt	0·2531	28·3	b
Backstein, schwach gebrannt (19)	0·2535	33·2	b
Handziegel 22	0·2392	38·7	b
Handziegel, sehr stark gebrannt	0 1804	30·2	c
Feiner gelber Backstein	0·1866	—	a
Maschinenpreßziegel a.	0·2033	29·0	b
Maschinenpreßziegel b.	0·1045	28·6	c
9 Verblend-Klinker.			
Verblendstein, schwach gebrannt	0·1344	—	b
Desgl. 4, stärker gebrannt.	0·1249	—	b
Harter Verblendstein 5 (rissig)	0 1071	23·5	b
Verblendstein, schwach gebrannt, 18	0·1159	—	c
Feiner Verblend-Klinker (Teutschenthal)	0·0918	31·2	c
Feiner Verblendstein 3.	0·0888	20·7	b
Feiner Klinker, Salzmünde I.	0·0850	31·8	b
Feiner Klinker (Teutschenthal)	0·0830	27·6	b
Härtester Verblendstein, porcellanartig	0·0635	26·9	c
5 Chamottesteine.			
Chamottestein, locker I.	0·2495	29·7	b
„ fester II.	0·1972	26·9	b
„ (XVIII.) III.	0 1978	26·9	c
„ IV.	0·2081	—	b
Platte aus Töpferthon	0·1068	26·5	c
5 Verschiedene Materialien.			
Tannenholz, Querschnitt	0·7634	—	a
Eichenholz, desgl.	0·0269	—	a
Kalktuffstein	0·4782	—	a
2 Blätter Schreibpapier	3·8873	—	d
2 Blätter Cartonpapier	0·0398	—	d

Materialien.	Cub.-Met. CO_2 diff. p. Std. u. □Met. 1 Centim. starken Materialien. Corr.	Die Porosität betrug pCt.	Versuchsreihe.	
15 Sandsteine.				
Französischer Sandstein zu Ornamenten .	0·3661	39·8	c	
Nebraer Buntsandstein III.	0·3180	26·3	b	
„ „ II.	0·3486	26·9	b	
„ „ I.	0·2568	25 5	b	
„ „ A.	0·2052	21·4	d	
Sächsischer Sandstein	0·2467	29·4	c	
Rheinhäuser Buntsandstein	0·2130	—	a	
Seeberger Sandstein a.	0·1507	(15·6)	d	
„ „ b. (16)	0·1446	22·1	b	
Rodethaler Sandstein, b. Nörten . . .	0·1341	—	a	
„ „ „ „ . . .	0·1571	—	b	
Sollingsandstein	0·0693	6·9	a	
„ II., neu (13)	0·0432	—	b	
„ III.	0 0476	—	b	
„ IV.	0·0090	(1·4)	d	
8 Undurchlassende Materialien.				
Muschelkalk, a.	0·0139	—	b	
„ b.	0·0041		c	
Porphyr vom Saalufer bei Halle a. S. .	0·0085	—	b	
„ von Brachwitz.	0·0070	—	b	
„ vom Petersberge	0·0015	—	c	
Schlesischer Marmor.	0·0040	—	b	
Alabaster	0·0054	—	c	
Englischer Schiefer	0·0005	—	c	
14 Mörtel, Wandputz, Lehmpisé, Gyps.				
Kalkmörtel, geformt	0·3593	—	a	
Kalkputz, neuer, von einer Wand . . .	0·4250	—	b	
Kalkputz, alter, von einer Decke. . . .	0·2901	—	b	ber. nach der 0·71 Centim. Platte.
Cementplatte	0·2229	—	b	
„ nach ½ Jahr.	0·1174	24·8	c	
Gypsplatte aus dünnem Brei	1·6368	77·4	d	
„ „ dickem „	0·5518	—	a	
Gypsplatte aus einem Fußboden . . .	0·0918	—	c	
„ „ „ „ . . .	0·0769	—	a	
Lehmpisé, a. „ „ „	0·6500	—	b	ber. nach d. 5 Centim. Platte.
„ b.	0·5758	—	a	
„ c.	0·4944	—	a	
Lehmplatte, geformt.	0·3085	—	a	
Alter Wandmörtel	0·2618	—	c	

Handziegelsteine nach der obigen Uebersichtstabelle eine durchschnittliche Durchlässigkeit von 0·25 Cub.-Met. Kohlensäure p. □Met. Fläche und 1 Centim. Höhe berechnen, zeigten die beiden Maschinenpreßziegel nur eine solche von

0·2033 Cub.-Met. CO_2 p. Stunde
0·1045 " " " "

Uebrigens soll damit keineswegs behauptet werden, daß ein Maschinenziegel unter allen Verhältnissen weniger durchlassend sein müsse als ein Handziegel; dabei sprechen zu verschiedene Umstände, die Beschaffenheit des Materials, die Konstruktion der Ziegelpressen, die Art der Handarbeit und vor Allem gewiß die Stärke des Brennens mit. So sehen wir in der obigen Zusammenstellung einen Maschinenziegel mit einem Durchlässigkeitswerthe von 0·2535, dem Durchschnittswerth der Handziegel gleich stehend. Ebenso finden sich in der Schürmann'schen und Lang'schen Arbeit die Maschinenziegel in ihrer Durchlässigkeit bald über, bald unter den Handziegeln stehend. Die oben angeführte geringere Durchlässigkeit der Maschinenpreßziegel mag sich daher nur auf die unter sehr starkem Druck bereiteten Ziegelsteine beziehen.

Eine andere Frage ist es, ob die Ziegelsteine durch stärkeres oder schwächeres Brennen poröser oder undurchlassender werden.

Daß sie durch Brennen an Porosität gewinnen, dürfte keinem Zweifel unterliegen. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß Thonmasse ein vortreffliches Material zum Dichten von Apparaten abgiebt und für Gasarten in sehr geringem Maße durchdringbar sein muß. Bei den Schürmann'schen Versuchen gebrauchten 200 Cc. Wasser, von der Atmosphäre durch einen Thoncylinder von 40 Mm. Durchmesser und 45 Mm. Länge abgesperrt, 288,000 Sekunden = 80 Stunden zum Ausfließen aus einem Aspirator, während dieselbe Wassermenge mit einer Ziegelsteinplatte bei Schürmann's Versuchen 19—22, S. 76 in 500—1000 Sekunden ausfloß.

Wenn nun aber auch die Thonmasse durch Brennen zweifellos poröser wird, so ist es doch noch eine keineswegs entschiedene Frage, ob nicht das über einen bestimmten Punkt hinaus betriebene Brennen die Porosität wiederum vermindert. In Schürmann's und Lang's Untersuchungen stehen freilich die schwach gebrannten Steine durchschnittlich niedriger in der Durchlässigkeit als die hartgebrannten.

So rangiren in der Lang'schen Untersuchung nach abnehmender Durchlässigkeit:

.
.

9 Ziegel bleich Osnabrück.
10 Beton.
11 Ziegel, stark gebr. Handfabr.
12 Klinker, glasirt.
13 Portland-Cement.
14 Ziegel, Maschinenfabr.

15 Gründsandstein, oberbayrischer.
16 Grünsandstein, schweizerischer.
17 Ziegel, schwach gebr.

.
.
.

während Schürmann folgende Reihe bildet:

„In der Porosität steht obenan der großkörnige Sandstein, ihm folgen „die anderen Sandsteine, zwischen denen sich Kalktuff und Mörtel ein„fügen. Dann folgen harte, darauf die hart verglasten Ziegel, Cement, „Gyps, endlich weiche Ziegel (als sehr wenig porös)."

Aber in Schürmann's Angaben findet sich auch bereits der „verglaste Ziegel" als ein weniger poröses Material angeführt, denn der „harte Ziegel."

Auch in der oben gegebenen Zusammenstellung findet sich für einen Handziegel aus derselben Fabrik und demselben Material, bei sehr starkem Brennen eine geringere Durchlässigkeit, nämlich

Handziegel, schwach gebrannt 0·2392
„ sehr stark „ 0·1804

Daß durch das sehr starke Brennen die Hohlräume, von denen ja schließlich die Durchlässigkeit abhängig ist, vermindert worden waren, konnte man aus den Bestimmungen des Wasserfassungs-Vermögens erkennen; dasselbe betrug hier:

Handziegel, schwach gebrannt 38·7 pCt.
„ sehr stark „ 30·2 „

Noch besser konnte man dasselbe an einem holländischen Klinker ersehen. Derselbe war aus Meeresschlick nicht zur Herstellung von Mauerwerk, sondern zum Zweck des Wegebaues hergestellt. In den gesteinarmen Alluvien Hollands werden nämlich die Chausseen zum großen Theil nicht aus „Schüttungen von Steinschlag", sondern aus „hochkantig nebeneinander ohne jedes Bindemittel in Sand gesetzten Klinkern" hergestellt.

Diese müssen natürlich zu diesem Zweck möglichst hart gebrannt sein. So war es denn absolut unmöglich, aus den Klinkern, welche Verfasser zur Ausführung von Diffusionsversuchen gelegentlich einer Reise in Holland gesammelt hatte, Platten für die Diffuseure herzustellen, da das Material jeder Bearbeitung sowohl durch Hammer und Meißel wie auch durch Schleifen trotzte. Man mußte sich daher begnügen, die Hohlräume durch das Wasserfassungsvermögen zu bestimmen. Der holländische Klinker enthielt nun nicht mehr als

20 pCt.

seines Volums an Hohlräumen, während die schwächer gebrannten Backsteine durchschnittlich

30—35 pCt.

ihres Volums an Hohlräumen besitzen.

Nimmt man dazu, daß die sehr hart gebrannten Verblendklinker, welche freilich sehr häufig aus geschlämmtem Thon hergestellt werden, eine weit geringere

Porosität besitzen als die schwächer gebrannten Ziegelsteine, so kommt man zu dem Resultat, daß: das Brennen überhaupt die Porosität der Ziegelsteine vermehrt, so daß die schwach gebrannten Steine poröser sind als die Thonmasse, die härter gebrannten Steine im Allgemeinen poröser als die schwächer gebrannten; daß mit dem beginnenden Zusammensintern des Steines bei sehr starkem Brennen aber die Porosität wieder abnimmt und durch intensivestes Brennen auf ein Minimum reduzirt werden kann.

Wenn man nach den Zahlen und der Methode der vorliegenden Untersuchung die Ziegelsteine klassifiziren wollte, so könnte man dieselben eintheilen in

dichte
durchlassende
poröse

und es würde im Durchschnitt zukommen ein Durchlassungsvermögen für Kohlensäure bei:

dichten	von 0·1—0·2	Cub.-Met. p. St.
durchlassende	„ 0·2—0·4	„ „ „ „
porösen	„ 0·4—0·6	„ „ „ „

für eine Fläche von 1 □Met. und 1 Centim. Höhe gedacht.

Um nun zu der den Backsteinen nahestehenden Gruppe der sogenannten Verblendklinker überzugehen, so begegnen wir in denselben einem Material von durchschnittlich weit geringerer Durchlässigkeit.

Während die am Wenigsten durchlassenden, in der obigen Klassifikation mit dicht bezeichneten Backsteine immer noch eine Durchlässigkeit von 0·1—0·2 Cub.-Met. CO_2 pro Stunde für die oben angegebenen Dimensionen zeigten, muß man diese Durchlässigkeit für Verblendsteine schon sehr hoch nennen. Wenn man auch hier klassifiziren will, so könnte man aus den 9 Versuchen der Verblendsteingruppe folgende Abtheilungen bilden:

porzellanartige (mit muscheligem Bruch)	0,05 —0,075	Cub.-Met.
dichte	0,075—0,10	„ „
durchlassendere	0,10 —0,15	„ „

Der Grund, weshalb die Verblendsteine so viel weniger durchlassend sind als die gewöhnlichen Ziegelsteine, kann ein doppelter sein. Oben wurde bereits hervorgehoben, daß die Verblendsteine, um denselben eine erhöhte Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse der Verwitterung zu verleihen, durchschnittlich sehr stark — bis zum Zusammensintern der Masse — gebrannt werden und hierdurch eine sehr geringe Porosität behalten.

Bei dem unter „härtester Verblendstein, porzellanartig" aufgeführten Stein, der nur 0·0635 Cub.-Met. Kohlensäure diffundiren ließ, war dieses gewiß der Fall, denn die Masse dieses Steines glich vollständig einer dicht zusammengeschmolzenen Porzellanmasse; sie besaß einen hellen, fast metallischen Klang und einen muscheligen Bruch.

Andererseits kann aber auch die mechanische Beschaffenheit der zur Herstellung von Verblendklinkern dienenden Thonmasse von Einfluß auf den geringen Grad von Durchlässigkeit sein. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß Thonmasse, mit Sand und Gesteinstrümmern gemischt, beim Eintrocknen und gewiß auch beim Brennen ein weit poröseres Material giebt als Sand- und Gesteins-freie Thonmasse. Offenbar bilden sich durch die Zusammenziehung der aufgequollenen Thonmasse beim Trocknen und Brennen um die Sandkörner und Gesteinstrümmer feine Risse und Hohlräume, welche den resultirenden Stein durchlassender machen. Zur Herstellung der ordinairen Ziegelsteine dient nun meistens das rohe Thonmaterial mit seinem oft sehr hohem Gehalt an Sand und Gesteinstrümmern, während zur Bereitung der Verblendklinker nur ein sehr wenig sandiger Thon zu gebrauchen ist, der zur Gewinnung einer ganz gleichmäßigen Masse für die feineren Sorten sorgfältig durch Abschlämmen von Sand und Gesteinstrümmern gesondert wird.

Jedenfalls sind die Verblendsteine in den meisten Fällen ein Material von sehr mäßiger Durchlässigkeit. Es folgt daraus der Schluß, daß ein mit einer Verblendschicht hergestelltes Gebäude eine geringere Durchlässigkeit für Luft, somit also eine schlechtere Ventilation zeigen muß, als ein durchgehends aus porösen Steinen erbautes, mit einem Kalkputz versehenes, Haus, zumal da durch den sehr porösen Kalkputz in dem letzten Falle eine Schädigung der Durchlässigkeit der porösen Steine nicht zu befürchten ist. Dagegen bedingt die Herstellung des Verblendsteinmauerwerks eine sorgfältigere Ausführung der Maurerarbeit; die regelmäßiger geformten Verblendsteine werden sorgfältiger unter Vermeidung von Hohlräumen in Mörtel gelegt, die Fugen werden enger gehalten und endlich wird ein solches Mauerwerk außen sauber mit Cement ausgefugt, einem Material, welches an und für sich schon weit weniger durchlassend ist als Kalkmörtel und welches beim Aufbewahren unter Wasser (Lang, a. a. O.) und gewiß dann auch bei öfterem Beregnen für Luft vollkommen undurchdringbar wird.

Aus diesen Gründen ist es mehr als wahrscheinlich, daß ein Verblendsteinmauerwerk nicht günstig für die Ventilation der von demselben eingeschlossenen Räume wirken kann. Ein Verhalten, welches durch die vorhergehenden Ausführungen nur angedeutet werden soll, dessen Prüfung im Interesse der Kenntniß von der natürlichen Ventilation aber als naheliegend bezeichnet werden muß.

Der Vollständigkeit halber wurde auch eine Anzahl von Chamottesteinen auf ihre Durchlässigkeit untersucht. Dieselben erwiesen sich mit einer Durchlässigkeit von

$$0{\cdot}20 - 0{\cdot}25 \text{ Cub.-Met. } CO_2$$

pr. □Meter 1 Centim. starken Materials in der Stunde, als ein den „durchlassenden" Backsteinen nahe stehendes Material. Pettenkofer citirt in seiner Abhandlung über den Luftwechsel in Wohngebäuden (Berichte d. bayer. Acad. d. Wissenschaften 1858 II. 113) eine Beobachtung Knapp's aus der Porzellanfabrik zu Nymphenburg, wo an einer dünnen Stelle eines (jedenfalls aus

Chamottesteinen erbauten) Porzellanofens so viel Luft durch die Wand in den Ofen drang, daß Flamme und Rauch eines Bündels Holzspäne vollständig und lebhaft durch die Poren an dieser Stelle eingezogen wurden.

Beiläufig mag an dieser Stelle der geringen Durchlässigkeit einer unglasirten, hart (aber nicht übermäßig stark) gebrannten Platte aus Töpferthon gedacht werden; dieselbe steht mit

0·1068 Cub.-Met. CO_2

auf der Gränze der „dichten" und der „durchlassenden" Verblendklinker, wie dasselbe der Natur des (geschlämmten) Materials und der Stärke des Brennens entsprechend ist.

Ueber die Durchlässigkeit des Sandsteins liegen bereits aus früheren Arbeiten Bestimmungen vor, deren Resultat aber als ein sehr widersprechendes bezeichnet werden muß. Während in einer früheren Arbeit des Verf. (Ueber die natürliche und künstliche Ventilation, vorzüglich in Stallgebäuden, sowie die Porosität einiger Baumaterialien. Henneberg's Journ. f. Landwirthschaft) des Sandsteines als eines sehr dichten Materials, sowohl nach den ausgeführten Ventilationsbestimmungen, wie auch nach einer Reihe von zutreffenden Beobachtungen aus der Praxis gedacht wurde, erhielt Schürmann bei seinen Aspirationsbestimmungen Resultate, welche für eine hohe Porosität des Sandsteins sprechen. Schürmann führt nämlich Folgendes an:

„Wie die Tabelle zeigt, ordnen sich die Materialien nach abnehmender Durchlässigkeit zu einer Reihe, in welcher der großkörnige Sandstein obenan steht, ihm folgen die anderen Sandsteine."

Die Sandsteine waren demnach die porösesten von allen Materialien, erst nach denselben kommen Kalktuffstein, Mörtel und Backsteine.

Lang untersuchte nach seiner Methode der Pulsion zwar nur 2 Grünsandsteine, dieselben erwiesen sich aber im Widerspruch zu Schürmann's Angaben als sehr wenig durchlassend. Weitere Angaben finden sich in der Lang'schen Untersuchung über die Porosität verschiedener Sandsteine nach Bestimmungen von Witting; dieselben sind allerdings nur auf dem Wege der Raumerfüllung durch Wasser gewonnen, gestatten aber doch einen allgemeinen Vergleich; während die Porosität der Lang'schen Grünsandsteine im Mittel 8·5 Vol. pCt. betragen hatte, fand Witting:

Kreidesandstein	27·68	Vol. pCt.
Quadersandstein	16·73	„ „
Hilssandstein	11·94	„ „
Wälderthonsandstein	11·14	„ „
Kohlesandstein von Mettingen ꝛc.	8·95	„ „
Kohlesandstein von Osnabrück .	1·50	„ „

also sehr große Unterschiede, zwischen fast absoluter Dichtigkeit (1·5 Vol. pCt.) und ziemlich hoher Porosität (27·7 Vol. pCt.) schwankend; der Widerspruch der Schürmann'schen und Lang'schen Bestimmungen, sowie die auseinandergehenden Resultate der Witting'schen Untersuchung lassen einen generalisirenden

Schluß, ist der Sandstein ein durchlassendes oder undurchlassendes Material, als vollkommen unzulässig erscheinen, es giebt eben Sandsteine von sehr hoher und andere von sehr geringer Porosität.

Dieser Schluß wird durch die Bestimmung der Durchlässigkeit von 15 verschiedenen Sandsteinproben der vorliegenden Arbeit vollkommen bestätigt:

Dieselben ließen diffundiren:

locker . . . 0·2 – 0·4	Französ. Sandstein	sehr locker	0·3661	Cub.-Met.
	Nebraer Sandstein	lockerer	0·3333	„
		dichter	0·2310	„
	Sächsischer Sandstein		0·2467	„
	Reinhäuser Sandstein		0·2130	„
durchlassend 0·1 – 0·2	Seeberger Sandstein		0·1477	„
	Rodethaler Sandstein		0·1456	„
dicht . . . . . < 0·1	Sollingsandstein	lockerer	0·0693	„
		fester	0·0432	„
		dichter	0·0090	„

Somit steht die poröseste Gruppe der mit „locker" bezeichneten Sandsteine mit einer stündlichen Diffusion von 0·2 – 0·4 Cub.-Met. Kohlensäure der Gruppe der durchlassenden Backsteine mit genau derselben Diffusionsgröße gleich; die höheren Glieder dieser Gruppe nähern sich sogar der mit 0·4 Cub.-Met. beginnenden „porösen" Gruppe der Backsteine und damit den Materialien von allerhöchster Porosität, welche überhaupt zur Untersuchung kamen. Die Mittelgruppe der Sandsteine, die „durchlassenden" stehen mit ihrem Diffusionsvermögen von 0·1 – 0·2 Cub.-Met. demjenigen der dichten Backsteine, die aber immerhin noch als ein ziemlich durchlassendes Material gelten müssen, gleich, während die „dichte" Gruppe der Sandsteine unterhalb der undurchlassendsten Klasse der Verblendsteine rangirt und in ihren untersten Gliedern den Materialien von fast absoluter Undurchlässigkeit nahe kommt.

In dieser letzten Gruppe finden sich verschiedene Arten von Sollingsandstein aus der Buntsandsteinformation und zwar erwiesen sich 4 von verschiedenen Bezugsquellen stammende Proben sämmtlich als sehr undurchlassend, während die von Schürmann mit Sollingsandstein bezeichneten Proben ein weit über dem Durchschnitt der Backsteine stehendes Durchlassungsvermögen für Luft besaßen. Es liegt danach die Vermuthung nahe, daß Schürmann's Steine nicht Sollingsandsteine, wenigstens nicht in dem Sinne der gebräuchlichen Materialbezeichnung gewesen seien. Man versteht nämlich unter Sollingsandstein[1]) einen sehr feinkörnigen, harten, zu feinen Platten spaltbaren Sandstein, der zur Herstellung von Platten, zu Fußböden, Dachbedeckungen, in größeren Stücken zu Wasserbehältern, Gährbottichen und selbst Destillirapparaten bei der Spiritus-

1) Es soll natürlich nicht behauptet werden, daß sich im ausgedehnten Sollinggebirge (a. d. Weser) nicht auch weniger dichte Sandsteine fänden; dieselben sind aber alsdann nicht charakteristische Typen der Sollingsandsteine.

fabrikation verwendet wird und durch diese Verwendung schon als ein außerordentlich dichtes und selbst für Dämpfe undurchlassendes Material charakterisirt ist. Daß übrigens Sandsteine von ähnlicher Dichtigkeit auch in anderen Formationen vorkommen, lehrt die Erfahrung der Praxis, welche den Kreidesandstein von Völpke bei Helmstedt im Braunschweig'schen zur Herstellung von Reservoiren und Destillirapparaten dem Sollingsandstein noch vorzieht.

Der Vergleich der durch Wassererfüllung bestimmten Porosität von Schürmann's Steinen und den wirklich typischen Sollingsandsteinen der vorliegenden Arbeit bestätigt die vorstehenden Ausführungen; es enthielten nämlich an Hohlraumprocenten:

Schürmann:

Rother Sollingsandstein	21·0	pCt.
„	19·1	„
Weißer[1]) „	19·7	„
„	23·8	„

Maercker:

Sollingsandstein, lockerer	6·9	pCt.
„ dichter	1·4	„

Endlich mögen hier noch die Hohlraumprocente der verschiedenen Sandsteingruppen Platz finden.

Es enthielten an Hohlräumen:

I. die lockeren mit . . .	0·2 — 0·4	Diffusion	25 — 40 pCt.
II. die durchlassenden mit	0·1 — 0·2	„	10 — 25 „
III. die dichten mit . . .	< 0·1	„	< 10 „

In den Hohlraumprocenten finden sich daher eben so große Differenzen wie in der Durchlässigkeit für Kohlensäure und dieses Verhalten bekräftigt ebenfalls den bereits Eingangs dieser Besprechungen angeführten Ausspruch, daß ein generalisirender Schluß überhaupt nicht für den Sandstein, ebensowenig wie auch für den Backstein zulässig sei, indem die zu der vorliegenden Untersuchung herangezogenen Sandsteine sich zum Theil als sehr poröse zum Theil aber auch sehr dichte Materialien erwiesen. Daß hiernach der Schluß, ein Mauerwerk aus Sandstein ist für Luft durchlassend oder nicht, ohne vorherige Prüfung des betreffenden Sandsteins, ebenfalls unzulässig ist, bedarf danach keiner weiteren Ausführungen.

So gut wie vollkommen undurchlassende Baumaterialien waren alle krystallinischen, geschichteten und derben Gesteine, welche im Großen und Ganzen als Bruchsteine bezeichnet werden. So diffundirten z. B. nur:

durch Porphyr[2]) . . .	a. 0·0085	Cub.-Met.
	b. 0·0070	„
	c. 0·0015	„

1) Der „typische" Sollingsandstein ist immer roth.

2) a) war grobkrystallinischer, c) sehr feinkörniger Porphyr.

durch Muschelkalk . . . . 0·0041 „
0·0139 „
„ Schlesischer Marmor 0·0040 „
„ Alabaster . . . . . 0·0054 „
„ Englischer Schiefer . 0·0005 „

Denselben Schluß kann man aus den Lang'schen Hohlraumbestimmungen ähnlicher Gesteine ziehen. Es enthielten nämlich:

Granit . . . . . 0·05 pCt. Hohlraum
0·61 „ „
0·45 „ „
Kalkschiefer . . . 0·93 „ „
Marmor, Belgien . . 0·19 „ „
„ Carara . . 0·16 „ „
„ Schlanders 0·59 „ „
Serpentin . . . . 0·56 „ „
Syenit . . . . . 1·38 „ „
Uebergangsporphyr 2·75 „ „

Die ganze Gruppe der Bruchsteine ist somit, da der Sollingsandstein mit 1·4 pCt. Hohlräumen noch so gut wie undurchlassend für Luft war, als eine vollkommen dichte zu bezeichnen; von der Mitwirkung der Gesteinsmasse eines aus Bruchsteinen[2]) aufgeführten Mauerwerks für die natürliche Ventilation hat man aus diesem Grunde gänzlich abzusehen.

Diese Eigenschaft der Bruchsteine ist hochwillkommen für eine spätere Fortsetzung der Untersuchung. In einem aus Bruchsteinen hergestellten Mauerwerk fällt wegen der undurchlassenden Eigenschaften der ersteren, die gesammte stattfindende natürliche Ventilation dem Mörtel mit seinen Poren, oder auch (Schürmann) den zwischen Mörtel und Steinen vorhandenen Rissen zu. Aus Bruchsteinen erbauete Räume eignen sich daher vortrefflich zum Studium der Mitwirkung des Mörtels bei der natürlichen Ventilation.

Wenn nun endlich zu den in der Abtheilung „verschiedene Materialien" enthaltenen Versuchsstücken übergegangen werden soll, so begegnen wir dort zuerst den mit zwei verschiedenen Holzarten ausgeführten Versuchen; dieselben wurden mit Quer- (Hirn-)Schnitten von Tannenholz und Eichenholz ausgeführt und ergabendas Resultat, daß Tannenholz mit einer Diffusion von:

0·7634 Cub.-Met. CO_2

unter den bekannten Verhältnissen ein Material von sehr großer Durchlässigkeit ist, wie dasselbe bei den luftführenden, direct vermittelnden weiten Holzgefäßen des Tannenhirnschnitts auch nicht anders sein kann; das Tannenholz steht damit bedeutend über den durchlässigsten Steinen, von denen der poröseste:

Backstein 0·5860 Cub.-Met.
Sandstein 0·3661 „

diffundiren ließ. So porös aber das Tannenholz war, so wenig porös erwies

sich das Eichenholz auch auf seinem Querschnitte, indem unter den bekannten Verhältnissen nur

0·0269 Cub.-Met.,

also eine kaum nennenswerthe Menge diffundirte.

Die Zahlen für die Längsschnitte derselben Holzarten finden sich nicht in der Uebersichtstabelle enthalten, da die orientirenden Vorversuche der Tabelle II. für sie eine fast absolute Undurchlässigkeit auch für das Tannenholz schon bei 1 Centim. Höhe des Versuchsstückes bewiesen. Es diffundirten nämlich von 100 Th. ursprünglich vorhandener Kohlensäure in 2 Stunden:

Tannenholz	1	Centim.	1·59 pCt.
"	4½	"	2·28 "
Eichenholz	1	"	1·60 "
"	4½	"	0·55 "

d. h. so viel wie nichts; beide Längsschnitte sind als undurchlassend zu betrachten.

Auf die geringe Durchlässigkeit des „Langholzes" hat übrigens schon Pettenkofer hingewiesen, indem er die hellere Färbung der unter den Balken liegenden Stellen der geweißten Decken dem Umstande zuschreibt, daß die aufsteigende Luft, beladen mit Staub- und Ruß-Theilchen, diese hauptsächlich, durch die poröseren Stellen filtrirend, zurücklasse, während an den Stellen, wo undurchlassende Balken lägen, eine geringere Ablagerung von Staub und Ruß stattfinde.

Einem sehr porösen Material, wie dasselbe bereits der äußere Anschein lehrt, begegnen wir in dem Kalktuffstein; mit einer Diffusion von

0·4782 Cub.-Met.

übertrifft derselbe die poröseften Sandsteine, ebenso wie auch die meisten Backsteine und steht nur unter den künstlich porös gemachten Backsteinen (mit 0·5 - 0·6 Cub.-Met.). In Folge dieser, eine kräftige Ventilation sehr begünstigenden Durchlässigkeit, ist denn auch der Tuffstein als ein trockenes, im Winter warmes und gesundes Baumaterial mit Recht sehr geschätzt. Als charakteristisch für denselben mag angeführt werden, daß der Kalktuffstein (Süßwasserkalk, Kalksinter, Duckstein) frisch aus der Erde gegraben ein sehr weiches, mit stumpfen Messern oder Beilen leicht zu bearbeitendes Material bildet, welches beim Verweilen an der Luft eine beträchtliche Härte annimmt und als Baumaterial von ziemlicher Dauer ist.

Es bleiben endlich noch die in der letzten Abtheilung der größeren Zusammenstellung von Tabelle XV. enthaltenen Materialien, wie Mörtel, Wandputz, Gyps ꝛc. zur Besprechung über.

Mörtel ist nach den (allerdings nur qualitativen) Versuchen Pettenofer's, sowie auch nach Schürmann's und Lang's quantitativen vergleichenden Bestimmungen ein Material von hoher Porosität; dem entsprechend ließ der Mörtel bei den Versuchen der vorliegenden Untersuchung sehr große Mengen von Kohlensäure diffundiren, nämlich eine eigens zum Zweck der Unter-

suchung gefertigte Kalk-Mörtelplatte, welche nach dem Erhärten (ungefähr zwei Monate) mit Kohlensäure bis zur Sättigung behandelt war:

0·3593 Cub.-Met. CO_2

unter den bekannten Verhältnissen. Mehr den Verhältnissen der Praxis entsprach eine aus Kalkputz eines Wandbewurfs gefertigte Platte, welche

0·4250 Cub.-Met. CO_2

diffundiren ließ. Beide Materialien stellen sich hiernach als sehr durchlassende, den allerporösesten Steinen nahestehende dar.

Da die aus Wandputz gefertigte Kalkmörtelplatte von dem etwa 1 Jahr alten Bewurf eines neuen Hauses stammte, also verhältnißmäßig jungen Ursprungs war, wurde auch älterer Mörtel zur Untersuchung herangezogen, um zu constatiren, ob die Porosität durch das Alter, indem Staubtheilchen die Hohlräume verstopften, vermindert würde. Ein Wandbewurf, dessen Alter zwar nicht genau mehr zu constatiren, aber auf wenigstens 25 — 30 Jahre zurückzuführen war, dessen Außenfläche mit einem öfters wiederholten Anstrich von verschiedenen Kalkfarben bedeckt war, ließ diffundiren noch

0·2618 Cub.-Met. CO_2

eine Verminderung der Durchlässigkeit schien demnach in gewissem Grade eingetreten zu sein, immerhin hatte das Material aber noch einen ziemlich hohen Grad der Porosität bewahrt und stand in derselben den „durchlassenden" Backsteinen noch gleich (0·2 — 0·4 Cub.-Met.). Kalkmörtel ist daher weit entfernt, auch unter ungünstigen Verhältnissen, öfters wiederholtem Anstrich mit Kalkfarben ꝛc., ein undurchlassendes Material zu werden, er unterscheidet sich, wie gleich besprochen werden soll, hierin wesentlich von dem Cement.

Dieser zeigte in frischem Zustande, in dem gebräuchlichen Verhältnisse mit feinem Sand gemischt nach dem Erhärten, Behandeln mit Kohlensäure bis zur Sättigung und Trocknen bei 100° C., ein Diffusionsvermögen von:

0·2229 Cub.-Met. CO_2

also eine noch ziemlich hohe Durchlässigkeit. Als jedoch dieselbe Platte, welche nicht mit Wasser in Berührung gekommen war, aber allerdings an der oft sehr feuchten Luft des Laboratoriums gelegen hatte, nach etwa ½ Jahr von Neuem auf ihre Durchlässigkeit geprüft wurde, ließ sie nicht mehr als

0·1174 Cub.-Met. CO_2

d. h. gerade die Hälfte der ursprünglichen Kohlensäuremenge diffundiren. Es scheint danach, als ob der Cement in Folge der beim langsamen Erhärten vor sich gehenden Umsetzungen, Silicatbildungen ꝛc. aus dem ursprünglich ziemlich durchlässigen Material mit der Zeit ein solches von geringerer Durchlässigkeit würde. Daß Aufbewahren unter Wasser in dieser Richtung noch viel energischer wirkt, ist von Lang nachgewiesen, der den ziemlich durchlassenden Cement nach dem Aufbewahren unter Wasser vollkommen undurchlassend werden sah. Auf

1) Daß Oelanstrich die Durchlässigkeit des Mörtels dauernd vernichtet, wird weiter unten gezeigt werden.

die Consequenzen für die Verminderung der Durchlässigkeit eines in Cement aufgeführten Mauerwerks gegenüber dem Kalkmörtel ist oben bereits hingewiesen; hier mag nur noch hinzugefügt werden, daß ein Cementputz, d. h. ein Wandbewurf von Cement ähnlich wirken mag.

Der Vollständigkeit halber wurde auch der Bewurf einer Zimmerdecke auf die Durchlässigkeit für Kohlensäure geprüft, derselbe zeigte eine Durchlässigkeit von

0·2901 Cub.-Met. CO_2

Der betreffende Bewurf stammte von einer sehr alten Decke (deren Alter allerdings nicht annähernd anzugeben war), er bestand zum Theil aus mehreren übereinander aufgetragenen Schichten von Weißfarbe und einem Theil des darunterliegenden Kalkbewurfs; derselbe war nach seiner Farbe stark mit Ruß und Staub imprägnirt und trotzdem hatte er noch einen ziemlich hohen Grad von Durchlässigkeit bewahrt. Es ist dieses Bewahren von Durchlässigkeit von großem Interesse für die von Pettenkofer zuerst hervorgehobene Eigenschaft der Decken, den Abzug der erwärmten, verdorbenen Luft aus den Wohnräumen auf dem Wege der natürlichen Ventilation zu bewirken. Man braucht nach der oben angeführten Zahl für die Durchlässigkeit der sehr alten Decke nicht zu befürchten, daß diese für die natürliche Ventilation so unentbehrliche Mitwirkung der Decke mit der Zeit aufhören könne.

Die Prüfung von Mörtel und Wandbewurf führte dazu, auch den Lehmbewurf und das Material von Lehmpisé-Bauten zu untersuchen.

Eine aus Lehm geformte Platte ließ nach vollständigem Austrocknen an der Luft

0·3085 Cub.-Met. CO_2

diffundiren, also eine ziemlich große Menge, den durchlassenden Backsteinen entsprechend. Danach allgemein den Lehmbewurf als ein Material von hoher Durchlässigkeit bezeichnen zu wollen, möchte jedoch einigermaßen bedenklich erscheinen. Der Lehm besteht seiner Constitution nach aus feinerdigen Theilchen (Thon und Eisenoxyd) einerseits und andererseits aus Sand (mit oder ohne kohlensauren Kalk) je mehr feinerdige Theile er enthält, eine um so dichtere Masse wird er beim Eintrocknen geben, je mehr Sand in ihm vorhanden ist, um so durchlassender wird er nach dem Eintrocknen werden. Der Lehm der untersuchten Platte war nun ein ziemlich sandiger leichter Lehm und man kann aus der obigen Zahl nur schließen, daß sandiger Lehm beim Eintrocknen ein Material von hoher Porosität abgiebt, nicht aber daraus verallgemeinern, daß Lehmbewurf überhaupt sehr durchlassend ist; ein solcher, wenn er aus einem sehr schweren, thonigen Lehm hergestellt wird, mag recht undurchlassend sein.

Als sehr durchlassend erwiesen sich dem gegenüber unter allen Verhältnissen die Lehm- und Thonpisé-Bauten, dieselben ließen diffundiren:

a) 0·6500 Cub.-Met. CO_2
b) 0·5758 " "
c) 0·4944 " "

Da der „künstlich poröse" Backstein 0·5860 Cub.-Met. CO_2 diffundiren ließ, so wird er von dem Lehm- und Thonpisé erreicht und zum Theil noch übertroffen. Das zur Untersuchung verwandte Material war aus älteren Pisé-Mauern ausgeschnitten und ursprünglich durch Mischen von Thon oder Lehm mit Strohhäcksel hergestellt; die beim Eintrocknen entstehenden Risse zwischen Stroh und Thon, sowie die Hohlräume des Strohhäcksels selbst, machen den an und für sich undurchlassenden Thon für Luft in so hohem Grade durchdringbar. Aus diesem Grunde gelten derartige Pisé-Bauten mit Recht wegen ihrer hohen natürlichen Ventilation für sehr gesunde und wegen der schlechten Wärmeleitung in dem Pisé-Material im Winter als sehr warme. Leider sind dieselben erfahrungsmäßig wegen ihrer zahlreichen und tiefen Hohlräume eine wahre Brutstätte für Ungeziefer in den Wohnungen der niederen Volksklassen.

Endlich bleiben noch die Zahlen für die Durchlässigkeit des Gypses zur Besprechung über.

Nach früheren Bestimmungen war es fast zur Gewißheit geworden, daß Gyps ein Material von sehr geringer Durchlässigkeit sei.

Der Verfasser hatte in seiner bereits mehrfach citirten Untersuchung über den Luftwechsel in Stallgebäuden die natürliche Ventilation eines Stalles, welcher mit einer Gypsdecke versehen war, nur die Hälfte derjenigen eines Stalles ohne Gypsdecke (mit poröser Lehmdecke) betragend gefunden und daraus auf die geringe Durchlässigkeit des Gypses geschlossen.

Lang erklärt nach seinen Versuchen über die Porosität der Baumaterialien den Gyps für ein sehr dichtes Material, weshalb Plafonds aus Stuckarbeit oder sonstiger Gypsanwurf aus hygienischen Rücksichten keineswegs empfehlenswerth erschienen.

In Schürmann's Reihe (a. a. O. S. 83), welche nach abnehmender Porosität

Sandstein,
Kalktuff,
Mörtel,
Hartgebrannter Ziegel,
Cement,
Gegossener Gyps ꝛc.

lautet, steht der Gyps sehr tief in der Durchlässigkeit. Kurz, alle vorhandenen Versuche sprachen für die geringe Porosität des Gypses. Der Verfasser war daher auf das höchste überrascht, als ihm eine gegossene Gypsplatte ein ganz außergewöhnlich hohes Diffusionsvermögen, nämlich von:

1·6368 Cub.-Met. CO_2

ergab (der poröseste Backstein diffundirte unter gleichen Verhältnissen nur 0·5860 Cub.-Met. CO_2, also wenig mehr als ein Drittel der Diffusion durch die Gypsplatte).

Die weitere Fortsetzung der Untersuchung löste jedoch den anscheinenden Widerspruch und zeigte wiederum, wie gefährlich ein Generalisiren ist. Zum

Gießen der obigen Platte war ein sehr dünner Gypsbrei verwendet worden und die erhaltene Platte barg in sich

77·4 Vol. pCt. Hohlräume.

Als ein etwas dickerer Gypsbrei (keineswegs sehr dick) angewendet wurde, diffundirten durch diese neue Platte nur noch

0·5518 Cub.-Met. CO_2

also nur noch $\frac{1}{3}$ der Kohlensäure der ersten Platte. Leider zertrümmerte die zweite Platte bei der Hohlraumbestimmung vollkommen zu kleinen Bruchstücken, so daß dieselbe nicht zur Ausführung kommen konnte. Aus Schürmann's Bestimmungen der Hohlraumprocente von Gypscylindern kann man jedoch sehen, daß diese weniger durchlassenden Stücke auch weniger Hohlräume enthielten und deshalb aus dickerem Gypsbrei hergestellt sein mußten. Es enthielten nämlich:

(Tabelle VI) (4) Gyps 65·9 pCt. Hohlraum
" " (5) " 45·6 " "
" " (6) " 44·5 " "
" " (7) " 47·9 " "

Hiernach dürfte der Schluß für die Porosität des Gypses lauten: Die sehr große, alle anderen Materialien überragende Porosität der aus sehr dünnem Brei gegossenen Gypsmasse nimmt in dem Verhältniß, als zur Herstellung des Breies mehr gebrannter Gyps verwendet wird, ab, so daß Gypsplatten aus sehr dickem Gypsbrei zu den wenig porösen Materialien gehören mögen.

Dieses Verhalten ist leicht erklärlich; da Gyps, nachdem er einmal erstarrt ist, so gut wie gar nicht „schwindet", so muß ein mit viel Wasser angerührter Gyps in Verhältniß zu diesem hohen Wassergehalt in seinem Innern mehr Hohlräume enthalten als ein gleiches Volumen mit weniger Wasser hergestellten Gypsgusses.

Noch weniger porös als der aus dickem Brei gegossene Gyps ist der gestrichene, zumal längere Zeit als Fußboden benutzte Gyps; letzteres wohl deshalb, weil er durch das Tragen von Lasten dichter und mit der Zeit durch eingetretenen Staub, Sand ꝛc. unporöser wird.

So diffundirten durch zwei Platten, welche aus einem Gypsfußboden geschnitten waren, nur

a) 0·0918 Cub.-Met. CO_2
b) 0·0769 " "

während der gegossene Gyps 1·6368 resp. 0·5518 Cub.-Met. CO_2 diffundiren ließ.

Der von dem Verf. aus anderen Beobachtungen früher gezogene Schluß über die geringe Porosität von Gypsfußböden wird hierdurch vollkommen bestätigt.

Ueber die Verminderung der Durchlässigkeit der Baumaterialien unter dem Einfluß von Tapete und Anstrich.

Tabelle Nr. XVI. (b. u. c.)

Material.	ursprüngl. diff. CO_2 p. □met. u. Stunde Gub.-Met. corr.	Diff. CO_2 mit Anstrich oder Tapete Gub.-Met. corr.	Diff. CO_2 mit Anstrich in Proc. d. ursprüngl.	Mittel.
Tapete.				
Handziegel II. 18 mit dünner Tapete	0·3444	0·3152	91·5	
Verblendstein 4 „ „ „	0·1249	0·1007	80·6	82·45 pCt.
Nebraer Sandstein II. „ „ „	0·3486	0·2636	75·6	
Handziegel XXI. (2)	0·2588	0·2124	82·1	
Chamottestein mit Glanztapete . . .	0·1972	0·1177	59·7	
Nebraer Sandstein I. mit Glanztapete	0·2568	0·1365	53·2	
Backstein XX. schwach gebr., mit Glanztapete	0·2545	0·1399	55·0	60·75
Chamottestein III. mit Glanztapete .	0·1978	0·1486	75·1	
Oelanstrich.				
Handziegel III. 20 mit einfacher Oelfarbe	0·2457	0·1572	64·0	
„ III. mit sehr dünner „	0·1804	0 1784	98·9	
Verblendstein Teutschenthal mit einfacher Oelfarbe	0·0918	0·0733	79·8	
Seeberger Sandstein mit einfacher Oelfarbe	0·1446	0·0808	55·9	
Seeberger Sandstein mit doppelter Oelfarbe	0·1446	0·0051	3·5	
Verblendstein Teutschenthal mit doppelter Oelfarbe	0·0918	0·0048	5·2	
Wandputz mit Oelanstrich		0·0578	13·6	
„ „ „	0·4250	0·0520	12·2	
Wasserglasanstrich.				
Salzmünder Verblendstein I. . . .	0·0850	0·0057	6·7	
		0·0061	2·4	
Maschinenziegel	0·2531	0·0040	1·6	
Lockerer Chamottestein, frischer Anstrich	0·2495	0·1479	59·3	
„ „ 8 Tage alt .	0·2495	0·0954	38·2	
„ „ 3 Wochen alt .	0·2495	0·0385	15·4	

Sowohl Lang wie Schürmann haben Versuche über die Verminderung der Porosität von Baumatertalien unter dem Einfluß der Tapeten ausgeführt und sind zu dem Resultat gekommen, daß durch die Tapete eine sehr erhebliche Verminderung der Durchlässigkeit eintritt, bei den Lang'schen Versuchen (a. a. O. S. 326) wurde die Durchlässigkeit der Materialien für Luft auf ungefähr die Hälfte reduzirt, Schürmann schätzt die Verminderung der Durchlässigkeit durch eine Tapete derjenigen durch einen 6 Centim. starken Mörtelbewurf für ungefähr gleich.

In einem Puncte gehen die Ansichten von Lang und Schürmann jedoch auseinander. Schürmann ist der Ansicht, daß das mehr oder minder straffe Aufspannen der Tapete von wesentlichem Einfluß auf die Verminderung der Durchlässigkeit sei; bei losem Aufspannen überziehe die Klebemasse die Rückseite der Tapete als eine zusammenhängende und wenig durchlassende Schicht, während beim festen Aufspannen die Leimmasse an den vorspringenden Stellen des Baumaterials hafte, beim Trocknen sich zusammenziehe und eine Anzahl von Rissen und Sprüngen und damit eine erhöhte Durchlässigkeit erhalte. Lang bestreitet dies auf Grund mehrerer Versuche, bei denen er die weitaus am wenigsten verminderte Durchlässigkeit erhielt, wenn die Tapete nicht fest auflag; er hält vielmehr den Einfluß des Klebemittels, ob dicker oder dünner, für viel wesentlicher; merkwürdigerweise erhielt Lang jedoch durch Ueberziehen seiner Materialien mit Glanztapeten eine viel geringere Verminderung der Durchlässigkeit als durch ordinäre Tapeten, trotzdem die Glanztapeten aus derberem und dichterem Papier gefertigt werden. Lang glaubt, daß in die zahlreicheren Poren der ordinären Tapete mehr flüssiger Klebestoff eintrete und diese, nachdem er trocken geworden, verschließe. Der Lang'schen Erklärung möchte sich der Verfasser nicht unbedingt anschließen, da nicht wohl einzusehen ist, weshalb der Klebestoff die geringere Anzahl von Poren der Glanztapete nicht noch viel leichter verstopfen sollte als die zahlreicheren der ordinären Tapete, so daß, wenn eine ordinäre Tapete durch den Klebestoff undurchlassend gemacht wird, dieses bei einer Glanztapete erst recht der Fall sein müßte. Man sollte vielmehr glauben, daß eine stark gepreßte, aus stärkerem Papier gefertigte, mit einer stärkeren und gleichmäßigeren Farbeschicht überzogene Glanz-Tapete undurchlassender sein sollte. So erwies sich dieselbe auch bei den über die Verminderung der Durchlässigkeit durch die Tapete ausgeführten Versuchen; die zu früheren Porositätsbestimmungen benutzten Steine wurden mit Tapete einfach überklebt, als Klebemittel diente der allgemein gebräuchliche, mit Leim versetzte Mehlkleister der Tapezirer; um die Verhältnisse der Praxis einzuhalten, wurde absichtlich nicht reiner Leim (wie er zu Schürmann's und Lang's Versuchen gedient hatte)[1]) gewählt.

Durch eine ordinäre Tapete wurde nun vermindert die Durchlässigkeit für Kohlensäure auf

Handziegel II. 18	91·5 pCt.
Verblendstein	80·6 „
Nebraer Sandstein	75·6 „
Handziegel XXI	82·1 „
für ordinäre Tapete	
Mittel =	**82·45** pCt.

1) Die größere Durchlässigkeitsverminderung bei L. und S. Versuche hat vielleicht hierin mit ihren Grund. Bei einer Versuchs-Reihe Lang's, wo nicht Leim, sondern Stärkekleister mit Gyps als Klebemittel benutzt wurde, war übrigens auch die Minderung der Porosität geringer, während sie durch Leim: 75 pCt. betragen hatte,
betrug sie bei Stärkekleister als Klebemittel nur rund
50 pCt.

Die Verminderung der Durchlässigkeit durch die ordinären Tapeten betrug also im ungünstigsten Fall 25 pCt. der ursprünglichen Größe, im Mittel der 4 Bestimmungen aber nur 17·55 pCt., in einem Fall mit nur 8·5 pCt. war dieselbe sogar sehr gering gewesen. Ein Unterschied in dem Verhalten der mehr oder weniger porösen Materialien hatte sich anscheinend dabei nicht gezeigt, indem die Verminderung der Durchlässigkeit poröse und dichte Materialien gleichmäßig betroffen zu haben schien.

Im Allgemeinen kann man hiernach die Verminderung der Durchlässigkeit durch ordinäre Tapeten nicht eben groß nennen; die ordinären Tapeten müssen daher selbst sehr durchlassend sein. Versuche liegen leider mit denselben nicht vor, wohl aber mit einem sehr stark geleimten, sehr dichten Schreibpapier. Ein einzelnes Blatt bot bei diesen Versuchen so gut wie gar keinen Widerstand, nach 10 Minuten war die Kohlensäurefüllung des Diffuseurs durch dieses eine Blatt vollkommen entwichen; durch 2 Blätter diffundirten in $7\frac{1}{2}$ Minuten noch 72·5 pCt. der vorhandenen Kohlensäure, wonach sich eine stündliche Diffusion von

3·8873 Cub.-Met. CO_2

auf den □Meter für 2 Blätter, somit für ein Blatt annähernd das Doppelte mit ca. 7·5 Cub.-Met. berechnet. Der Widerstand, welchen eine ordinäre Tapete der Gasbewegung entgegensetzt, dürfte danach auch nicht sehr hoch sein.

Bedeutender war die Verminderung der Durchlässigkeit durch die Glanztapete; durch Ueberziehen der nachstehenden Materialien mit einer solchen wurde die Durchlässigkeit vermindert auf:

Chamottestein . . .	59·7 pCt.
Nebraer Sandstein .	53·2 „
Backstein, schwach gebr.	55·0 „
Chamottestein III .	75·1 „
für Glanztapete	
Mittel	**60·75** pCt.

Daß die Glanztapete mit genau demselben Klebemittel auf den Baumaterialien befestigt war wie die ordinäre Tapete, braucht kaum bemerkt zu werden.

Mag es nun das Klebemittel sein, welches bei den vorliegenden Versuchen durch Ueberziehen mit Glanztapete eine stärkere Minderung der Durchlässigkeit bewirkt hat als durch Ueberziehen mit ordinärer Tapete oder mag der Grund in der Beschaffenheit der Glanztapete liegen, wie letzteres dem Verfasser wahrscheinlicher ist, — jedenfalls wurde die Durchlässigkeit der Baumaterialien durch Ueberziehen mit (dichter) Glanztapete mehr vermindert als durch (dünnere) ordinäre Tapete. Der Widerspruch mit den Lang'schen Angaben ist allerdings nach den vorstehend gegebenen Versuchen nicht aufzuklären.

Um nun zu der Wirkung des Anstriches überzugehen, wurden Versuche mit Oelfarben-Anstrich und Wasserglas-Anstrich ausgeführt.

Die Zahlen der Zusammenstellung zeigen, daß durch einen einmaligen, sehr zarten Oelfarben-Anstrich, der aber mit besonderer Sorgfalt dünn gehalten wurde,

eine wesentliche Verminderung der Durchlässigkeit nicht eintritt; die Durchlässigkeit des Handziegels III sank z. B. dadurch von 100 nur auf

98·9 pCt.

Oelanstrich, wie er in der Praxis gehandhabt wird — durch Einreiben der Farbe mittelst eines harten Pinsels, — verstopft zwar die Poren nicht vollständig, schädigt aber die Durchlässigkeit schon sehr bedeutend; es sank z. B. die prozentische Durchlässigkeit folgender Materialien auf:

Handziegel III. 20 .	64·0 pCt.
Verblendstein . . .	79·8 „
Seeberger Sandstein	55·9 „
Mittel	66·6 pCt.

Die Steine büßten ⅓ ihrer Durchlässigkeit ein. (Schürmann giebt nach einen Versuch mit Mörtel an, daß einmaliger Anstrich mit Oelfarbe die Durchlässigkeit nicht erheblich vermindere.)

Zweimaliger Oelanstrich machte die Steine so gut wie vollkommen undurchlassend, es diffundirte durch

Seeberger Sandstein	3·5 pCt.
Verblendstein . .	5·2 „

der ursprünglichen Kohlensäuremenge; die Poren der Steine mußten daher so gut wie vollkommen verstopft sein. Daß doppelt ausgeführter Oelfarbenanstrich, sowohl im Innern bewohnter Räume als auch auf der Außenfläche von Wohnhäusern angebracht, vom Standpunkt der natürlichen Ventilation aus, zu verwerfen ist, bedarf hiernach keiner weiteren Ausführungen.

Es konnte nur noch die Frage in Betracht kommen, ob der namentlich auf der Außenseite von Wänden angebrachte Oelanstrich seine Undurchlässigkeit bewahrt, oder ob er in Folge der eintretenden Verwitterung Haarrisse und Spalten erhält, durch welche die ursprüngliche Durchlässigkeit des Mörtels wiederhergestellt wird.

Zu dem Zweck wurden von 2 mit Oelfarbenanstrich versehenen Wänden (Außenwände eines Hauses) Putzstücke sorgfältig abgehoben und zu Diffusionsversuchen benutzt; diese Versuche, bezogen auf die ursprüngliche Durchlässigkeit des Kalkmörtels nach den früheren Bestimmungen, ergaben, daß der mit Oelfarbe überzogene Mörtel nur

13·6 pCt.
12·2 „
Mittel 12·9 pCt.

der ursprünglichen Durchlässigkeit von Mörtel ohne Oelfarbenanstrich besaß. Da der betreffende Oelfarben-Anstrich eine sehr geraume Zeit (mindestens 10 Jahre) alt war, so folgt aus diesen Versuchen, daß die Schädigung der Durchlässigkeit durch den Oelfarbenanstrich von langer Dauer ist und nicht durch die Folge der Verwitterung eintretender Haarrisse aufgehoben wird.

Durch Wasserglas-Anstrich wird endlich die Durchlässigkeit der Baumaterialien fast ganz aufgehoben; dieselbe sank z. B. bei

Verblendstein auf 6·7 pCt.
Maschinenziegel „ 2·0 „

Merkwürdig ist dabei die mit Wasserglasanstrich auf dem lockern Chamottestein gemachte Beobachtung. In frischem Zustande ließ der Anstrich noch ganz erhebliche Mengen von Kohlensäure diffundiren, mit der Zeit wurde er aber immer undurchlassender, so daß diffundirte

frischer Anstrich 59·3 pCt. d. urspr.
8 Tage alt . 38·2 „ „ „
3 Wochen . . 15·4 „ „ „

Es scheint ebenso wie beim Cement eine langsam verlaufende Umsetzung (Silicatbildung) einzutreten, welche die Poren des Steines allmählig immer mehr verstopft.

Ueber den Einfluß der Befeuchtung auf die Durchlässigkeit.

Durch vollständige Erfüllung der Hohlräume mit Wasser muß selbstverständlich die Durchlässigkeit der Baumaterialien für Luft vollständig vernichtet werden. Dagegen bleibt die Frage, in welchem Verhältniß stört eine theilweise Befeuchtung die Durchlässigkeit, zur Erledigung über. Bei den in der Tabelle XVII. enthaltenen Versuchen wurde nun so verfahren, daß zunächst die Wassercapacität einer Backsteinplatte festgestellt, und sodann durch Befeuchten mit einer gemessenen Menge Wasser diese Capacität zu einem bestimmten Bruchtheil gesättigt wurde. Absolut genaue Resultate waren nach diesem Verfahren nicht zu erwarten, da die in dem Stein enthaltene Feuchtigkeit gewisse Mengen von Kohlensäure gelöst zurückhalten mußte; wollte man mit Kohlensäure gesättigtes Wasser anwenden, so lag der Fehler auf der entgegengesetzten Seite, es konnte dann Kohlensäure von dem gesättigten Wasser abgegeben und aus der diffundirenden Luft nicht wieder voll aufgenommen werden. Bei der herrschenden Unsicherheit zog man es vor, reines Wasser zur partiellen Erfüllung der Hohlräume des Steines zu verwenden.

Als Versuchsobjekt wurde ein feinporiger, sehr gleichmäßiger Maschinenpreßziegel gewählt, da vorauszusehen war, daß die Durchlässigkeit von ungleichmäßigem Material durch Erfüllung der Poren mit Wasser sehr unregelmäßig vermindert werden müßte. Diese Vermuthung ist durch die später bekannt gewordenen Befeuchtungsversuche mit Kalktuffstein von Lang und Schürmann bestätigt worden.

Es betrug nun die Wassercapacität der Maschienenziegelplatte 21·5 Cc., und es wurden Diffusionsversuche nach Zufügung von 5—10—15 Cc. Wasser ausgeführt. Nach dem Befeuchten wurde dem Wasser ca. 1—2 Stunden Zeit gelassen, sich im Stein gleichmäßig zu vertheilen. Wenn man nun die prozentische Hohlraumerfüllung durch Wasser mit der Verminderung der Diffusion vergleicht, so erhält man folgende Beziehungen:

Tabelle Nr. XVII. (b).

Befeuchtungsversuche mit einer 1 Centimeter starken Platte von Handziegel (22).

Die Platte wog trocken 128·0 Gramm, feucht 149.5 Gramm = 21·5 Cc. Wasser-Capacität.

Inhalt des Gefäßes 1860 Cc. + 21·5 Cc. Capacität der Platte = 1881·5.

Material	Diffusionsdauer Stunde.	b. Mm.	t. ° C.	Mittlerer Querdurchschnitt.	Diffundirt CO_2					Cc. CO_2 diffundirt b. b. u. t. des Versuches.	pCt. CO_2 diffundirt.	Berechnete Anfangsdiffusion p. Minute pCt.	= Cc. CO_2 p. Stunde.	corr.	Die Diffusion wurde vermindert um: pCt.	Die Porosität war durch Wasser erfüllt auf
					Kaliapp. I.	Kaliapp. II.	Schwefels.-App.	titrirt.	Summa Gramm CO_2							
a. Trockene Platte . . .	1	760	16	58·88	1·704	0·219	0·063	—	1·986	1069·3	56·83	56·59				
	1	760	16	—	1·8345	0·077	0·0575	—	1·969	1060·2	56·34	**1·381**	1559·0	1391·3		
b. Platte + 5 Cc. Wasser .	1	761	15	—	1·084	0·6215	0·051	—	1·7565	941·3	50·03	50·12				
	1	756	14	—	1·366	0·334	0·057	—	1·757	944·5	50·20	**1·153**	1301·6	1170·7	15·8	23·3
c. „ + 10 „ „ .	1	751	17	—	1·086	0·015	0·062	—	1·163	635·9	36·75	35·17				
	1	751	19	—	1·243	− 0·0535	0·061	—	1·2505	688·3	36·58	**0·720**	812·8	698·5	49·8	46·5
d. „ + 15 „ „ .	1	752	16	—	0·219	− 0·018	0·1715	0·115	0·384	209·0	11·18	9·20				
	1	740	13	—	0·123	0·015	0·110	—	0·248	135·7	7·21	**0·161**	181 8	158·0	88·6	70·0

Erfüllung der Hohlräume durch Wasser	Verminderung der Durchlässigkeit
23·3	15·8 pCt.
46·5	49·8 „
70·0	88·6 „

D. h. in Worten ausgedrückt: Durch theilweises Benetzen mit Wasser wird die Durchlässigkeit der (feinporigen) Baumaterialien in einem der Erfüllung der Poren mit Wasser entsprechenden geraden Verhältniß vermindert.

Ueber die Zeit, in welcher verschiedene mit Wasser vollständig durchfeuchtete Baumaterialien ihre ursprüngliche Durchlässigkeit wiedererhalten, sind die in Tabelle XVIII enthaltenen Versuche mit ebenfalls gleichmäßigen und feinporigen Materialien ausgeführt. Von groblöcherigen Materialien wie Kalktuffstein ꝛc. wurde hierbei abgesehen, da die Schädigung der Durchlässigkeit derselben einerseits keine absolute, andererseits aber auch sehr unregelmäßige ist. Aus den Lang'- und Schürmann'schen Versuchen ist außerdem bekannt, daß diese Materialien ihre ursprüngliche Durchlässigkeit relativ schneller wieder erhalten als die feinporigen.

Zu den Versuchen, (welche bereits 1870 vom Verfasser in Weende ausgeführt sind, Reihe a) wurde ein feiner rother Backstein, ein Sollingsandstein und ein rother Reinhäuser Sandstein verwendet. Die Platten wurden durch Einlegen in destillirtes Wasser und Evacuiren vollständig mit Feuchtigkeit erfüllt, alsdann sogleich auf ihr Diffusionsvermögen untersucht, und die Untersuchung nach je 24 Stunden wiederholt. Die Platten blieben auf den Diffuseuren bei einer Mitteltemperatur von 17·5 ° C. der Zimmerluft ausgesetzt. Die in den Versuchen liegenden Fehlerquellen ist der Verfasser weit entfernt, zu verkennen; einerseits hat gewiß auch hier wiederum eine Absorption von Kohlensäure durch die Feuchtigkeit der Platten stattgefunden, andererseits muß die Verdunstung je nach dem relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft sehr verschieden sein.

An den in der letzten Kolumne der Tabelle XVIII enthaltenen Prozentzahlen läßt sich jedoch mit Sicherheit Folgendes schließen.

Es dauert eine sehr geraume Zeit, ehe vollständig durchfeuchtete Baumaterialien überhaupt einen erheblichen Grad ihrer ursprünglichen Durchlässigkeit wieder erhalten.

Während am ersten Tage unmittelbar nach dem Befeuchten die Durchlässigkeit sehr gering war und nur

Backstein	3·69	pCt. d. urspr̃gl.
Reinhäuser Sandstein	6·34	„ „ „
Sollingsandstein .	16·05[1])	„ „ „

betrug, war sie 1 Tag darauf auch noch nicht erheblich gestiegen, nämlich auf

1) Die Durchlässigkeit erscheint hier höher, weil der durch Absorption von CO_2 durch das Befeuchtungswasser hervorgebrachte Fehler bei der geringen Durchlässigkeit des Sollingsandsteins relativ am meisten in das Gewicht fällt.

Tabelle XVIII. (a).

Versuche über die Zeit, in welcher die durch Befeuchten geschädigte Porosität wiederhergestellt wird.

I. Rother Backstein.

In 2 Stunden diffundirten bei einem Kohlensäuregehalt von 67 p. mille 88·3 pCt.; berechnete Anfangsdiffusion = 1·7469 pCt. p. Minute.

	Temperatur.	CO_2 Gehalt d. Luft in d. Diffuseur vor d. Versuch p. mille.	Dauer d. Diffusion.	CO_2 Gehalt d. Luft in d. Diffuseur nach d. Versuch p. mille.	Diffundirt pCt.	Anfangsdiffusion berechnet p. Minute.	Die Diffusion betrug pCt. v. d. ursprüngl.
Frisch befeuchtet	17·5	68·5	2	63·4	7·45	0·0645	3·69
1 Tag darauf	17·5	68·3	2	52·0	23·87	0·2270	12·99
2 Tage darauf	17·5	67·0	2	17·1	74·48	1·1362	65·04
3 „ „	17·5	66·4	2	9·1	86·30	1·6429	94·05
4 „ „	17·5	66·9	2	8·3	87·59	1·7239	98·68

II. Solling-Sandstein.

In 2 Stunden diffundirten bei einem Kohlensäuregehalt von 67 p. mille 40·1 pCt.; berechnete Anfangsdiffusion = 0·4262 pCt. p. Minute.

Frisch befeuchtet	17·5	68·5	2	63·2	7·88	0·0684	16·05
1 Tag darauf	17·5	68·1	2	60·9	10·57	0·0930	21·82
2 Tage darauf	17·5	67·6	2	44·5	34·32	0·3500	82·12
3 „ „	17·5	66·6	2	41·6	37·54	0·3914	91·84
4 „ „	17·5	66·3	2	42·0	36·65	0·3797	89·09

III. Rother Reinhäuser Sandstein.

In 2 Stunden diffundirten bei einem Kohlensäuregehalt von 67 p. mille 75·3 pCt.; berechnete Anfangsdiffusion = 1·1585 pCt. p. Minute.

Frisch befeuchtet	17·5	68·5	2	62·8	8·32	0·0734	6·34
1 Tag darauf	17·5	68·0	2	63·1	7·21	0·0623	5·38
2 Tage darauf	17·5	67·3	2	23·9	64·49	0·8549	73·80
3 „ „	17·5	66·3	2	18·5	72·10	1·0571	91·25
3 „ „	17·5	66·1	2	17·7	73·22	1·0919	94·25

Backstein . . . . 12·99 pCt. d. urspr gl.
Reinhäuser Sandstein 5·38 „ „ „
Sollingsandstein . 21·82 „ „ „

Dagegen nahm die Diffusion nach 2 Tagen sprungweise zu und betrug

Backstein . . . . 65·04 pCt. d. urspr gl.
Reinhäuser Sandstein 73·80 „ „ „
Sollingsandstein . . 82·12 „ „ „

Erst nach 3 Tagen wurde die ursprüngliche Diffusion wieder annähernd erreicht.

Backstein . . . . 94·05 pCt. d. urspr gl.
Reinhäuser Sandstein 91·25 „ „ „
Sollingsandstein . 91·84 „ „ „

Daß nach diesen Versuchen die Frage der Wiederherstellung der Diffusion bei partieller Befeuchtung eine noch offene bleibt, ist selbstverständlich.

Da in den weniger porösen Steinen weniger Wasser enthalten war, kann es nicht Wunder nehmen, daß die relative Zunahme der Durchlässigkeit bei diesen eine größere war als bei den mehr porösen, da absolut gleiche Wassermengen, aus dem einen und andern verdunstet, die Porosität des dichteren Steines relativ mehr erhöhen müssen; es betrug daher die Diffusion am 3. Tage bei

porösem Backstein . 65·04 pCt. d. urspr gl.
Reinhäuser Sandstein . 73 80 „ „ „
dichtem Sollingsandstein 82·12 „ „ „

Die absoluten Mengen waren dagegen bei den poröseren Materialien größer und betrugen in Prozenten der bei allen Versuchen zu Anfang in gleicher Menge vorhandenen Kohlensäure:

Backstein . . . . 1·136 pCt.
Reinhäuser Sandstein 0·855 „
Sollingsandstein . . 0·391 „

Ueber den Zusammenhang von Durchlässigkeit und Gehalt an Hohlräumen.

Schürmann berechnet nach einer Formel von Meyer, daß die Durchlässigkeit den vierten Potenzen der Oeffnungs-Durchmesser direkt proportional sei und schließt daraus, daß alsdann die Durchlässigkeit auch proportional sei den vierten Potenzen der Korndurchmesser; man könne (obgleich er selbst diesen Weg als sehr umständlich bezeichnet) aus der Bestimmung der Korngröße von Baumaterialien, wenn die Durchlässigkeit eines einzigen von bestimmter Korngröße bekannt sei, diejenige aller anderen berechnen. Gegen die Zulässigkeit einer solchen Methode dürfte jedoch Manches anzuführen sein. Das Verfahren der Berechnung der Durchlässigkeit aus der Korngröße würde vollkommen richtig sein, wenn die Baumaterialien aus einer regelmäßigen Aneinanderlagerung von kugelförmigen (oder cylindrischen) Elementen beständen; daß dieses jedoch nicht der Fall ist, lehrt der

Augenschein, der selbst in dem regelmäßigsten Sandstein einen großen Theil Körner von ellipsoidischer oder ganz unregelmäßiger Form nachweisen läßt. Dazu kommt aber, daß jeder Sandstein gewisse Mengen Bindemittel, kalkiger, kieseliger oder erdiger Natur besitzt, welches die Poren zum Theil erfüllt; je mehr Bindemittel ein Sandstein besitzt, um so dichter wird derselbe sein, und so läßt sich ein großkörniger Sandstein mit viel Bindemittel denken, der eine geringere Durchlässigkeit besitzt, als ein feinkörniger mit wenig Bindemittel, obgleich dasselbe nach der Relation von Korngröße zur Durchlässigkeit umgekehrt sein müßte. Endlich dürfte das Verfahren der Bestimmung der Korngröße nur da auszuführen sein, wo ein wirkliches Korn existirt, bei Kunststeinen, welche meistens aus einem feinen Thon geformt und gebrannt oder aus einer flüssigen oder geschmolzenen Masse gegossen resp. gepreßt werden, und welche sämmtlich ein mehr oder weniger zusammengesintertes oder gar geschmolzenes Material darstellen, ist es schwer verständlich, wie überhaupt von einer Korngröße die Rede sein kann; wie z. B. die Korngröße eines stark gebrannten Backsteines zu bestimmen wäre, dürfte kaum anzugeben sein, da derselbe eben kein eigentliches Korn besitzt, sondern aus einer zusammenhängenden, geschmolzenen oder wenigstens gesinterten Masse besteht.

Ein anderer Weg zur Bestimmung der Durchlässigkeit der Baumaterialien könnte darin bestehen, daß man die Hohlräume in denselben bestimmte; bei regelmäßiger Form dieser Hohlräume müßte die Durchlässigkeit dem Gehalt an Hohlräumen direkt proportional sein. Wenn jedoch ein Baumaterial, wie dieses bei den Backsteinen sehr häufig der Fall ist, zum Theil sehr feine, zum Theil aber auch sehr große, unter einander in keinem Zusammenhange stehende Hohlräume besitzt, dann kann die Bestimmung der Hohlräume auch nur einen ungefähren Anhalt zur Beurtheilung der Durchlässigkeit abgeben.

In den Baumaterialien der vorliegenden Arbeit ist zum größten Theil der Gehalt an Hohlräumen so bestimmt, daß die Materialien trocken gewogen in kaltes Wasser gebracht wurden; dieses erhitzte man mehrere Stunden zum Sieden, um die in den Poren enthaltene Luft auszutreiben und wog schließlich nach dem Erkalten des Wassers die nassen Steine; die Gewichtszunahme in Grammen gab den Raum der Poren in Cubik-Centimetern; die Zahlen der umstehenden Zusammenstellung beziehen sich auf Prozente dem Raum nach.

Die Zahlen der vorstehenden Tabelle zeigen zunächst, daß beim Sandstein eine ziemlich regelmäßige Relation von Hohlräumen und Durchlässigkeit existirt; diffundirte Volumina und Hohlraumprozente zeigen hier bei fast allen Sandsteinen das gleiche Verhältniß (1 : 100).

Wenn man jedoch die Reihe der Backsteine überblickt, so findet man zunächst, daß bei denselben diffundirte Volumina und Hohlraumprozente in einem anderen, weiteren Verhältniß stehen (1 : 150) ferner aber auch, daß viel größere Unregelmäßigkeiten der Relation auftreten (112 bis 272). Das Bestehen eines weiteren Verhältnisses von diffundirter Gasmenge und Hohlraumprozenten besagt aber, daß in den Backsteinen Hohlräume existiren müssen, welche für die Diffusion und die Durchlässigkeit von keinem Werthe sind, blasige Räume, welche sich nach

Tabelle XIX.

Ueber die Beziehung des Gehaltes der Baumaterialien an Hohlräumen zur Durchlässigkeit für Gasarten.

Material.	Stündliche Diffusion pro □Met. 1 Centim. stark. Cub.-Met.	Hohlraum. pCt.	Diffusion : Hohlraum wie 1 : x		
Sandsteine.					
Französischer Sandstein, sehr locker	0·3661	39·8	1	109	
Nebraer Sandstein III. . . .	0·3180	26·3	1	83	
„ „ II. . . .	0·3486	26·9	1	77	
„ „ I. . . .	0·2568	25·5	1	99	
„ „ A. . . .	0·2052	21·4	1	104	
Seeberger „ a. . . .	0·1507	15·6	1	103	
Sollingsandstein.	0·0693	6·9	1	100	
Backsteine.					
Lockerer Dachziegel	0·5477	41·4	1	(76)	Das Material war so großporig, daß nicht alle Hohlräume beim Herausnehmen der Steine von Wasser erfüllt blieben.
Ziegelstein, locker	0·5357	34·6	1	(65)	
Handziegel.	0·3444	38·7	1	113	
Backstein, locker	0·2934	38·7	1	132	
Backstein, schwach gebrannt . .	0·2545	33·3	1	138	
Handziegel XXI.	0 2588	37·0	1	143	
Handziegel III. 20.	0·2457	33·2	1	135	
Maschinenziegel, schwach gebrannt	0·2531	28·3	1	112	
Handziegel, III. 22.	0·2392	38·7	1	162	
Backstein, schwach gebrannt . .	0·2535	33·2	1	131	
Handziegel, stark gebrannt . .	0·1804	30·2	1	168	
Maschinenpreßziegel.	0·2033	29·0	1	143	
„	0·1045	28·6	1	272	
Verblendsteine.					
Hart und rissig	0·1071	23·5	1	220	
Feiner aus Teutschenthal . . .	0·0718	31·2	1	340	
Feiner Nr. 3.	0·0888	20·7	1	233	
Salzmünder	0·0850	31·8	1	374	
Teutschenthaler	0 0830	27·6	1	332	
Porcellanartig, hart	0·0635	26·9	1	424	

Außen öffnen und somit dem Wasser bei der Bestimmung der Hohlräume zugänglich, nach Innen aber abgeschlossen sind.

Noch weiter und unregelmäßiger wird das Verhältniß von Durchlässigkeit und Hohlräumen bei den stark gebrannten Verblendsteinen (1 : 337) offenbar, weil beim Zusammensintern des Steins in größerer Hitze solche für die Durchlässigkeit unwirksame Hohlräume in größerer Anzahl entstehen.

Wenn wir hiernach den Werth der Bestimmung der Hohlräume für die Beurtheilung der Durchlässigkeit der Baumaterialien würdigen wollen, so müssen wir dieser Methode einigen Werth für Sandsteine und wohl auch für alle Materialien von regelmäßigem Korn, ohne blasige Hohlräume, beimessen; für die Beurtheilung der Durchlässigkeit von Backsteinen und namentlich aber von stark gebrannten Verblendsteinen muß dieselbe jedoch als sehr unsicher bezeichnet werden.

Die Mitwirkung der Diffusion bei der Luftreinigung.

In der vorhergehenden Untersuchung haben wir ein ausreichendes Material gesammelt, um die obige Frage beantworten zu können. Die Antwort fällt dahin aus, daß nur für die durchlässigsten Materialien der Werth der Diffusion für die Luftreinigung ein irgendwie erheblicher ist, daß dieselbe aber in den meisten Fällen kaum in Betracht kommt. Die nachstehende Rechnung beweist dieses zur Genüge.

Denken wir uns einen Raum von 6 Meter Länge und Tiefe und 4 Meter Höhe, wie solches die Dimensionen eines geräumigen Wohnzimmers sind, und nehmen wir an, um summarisch zu verfahren, daß Thür- und Fensterflächen durch ihre Ritzen und Spalten dasselbe Diffusionsvermögen besäßen, wie eine gleiche Fläche des Mauerwerks, wobei wir bei porösen Materialien gewiß noch zu Gunsten der Diffusion rechnen. Um weiter die Verhältnisse möglichst günstig für die Diffusion zu stellen, sollen alle 4 Wandflächen und die Decke so diffundirend gedacht werden, als ob sie stets mit frischer Luft in Berührung kämen, also anstoßende und darüber liegende Räume mit kohlensäurehaltiger Luft nicht vorhanden wären. Die Mauern des Raumes sollen ferner aus den porösesten Materialien nur 25 Centim. stark erbaut sein. Unter diesen Verhältnissen würde aus einem solchen von Salzmünder porösen Steinen (mit 0·586 Cub.-Met. stündlicher [corr.] Diffusion pr. Quadratmeter bei 1 Centim. Stärke) erbautem Raume folgende Diffusion stattfinden.

Die Zahl 0·586 bezieht sich auf 0° und 760 m; für eine Mitteltemperatur von 17·5° C. würde sie sich nach der Formel

$$V_n = V_0(1 + 0{\cdot}00367\,t_n)^2$$

auf 0·663 Cub.-Met. erhöhen. Diese Zahl bezieht sich auf ein Material von 1 Centim. Stärke; für die angenommene Wandstärke von 25 Centim. würde sie zu

$$\frac{0{\cdot}663}{25} = 0{\cdot}0265 \text{ Cub.-Met.}$$

An diffundirenden Wandflächen sind nun vorhanden:

4 Seitenwände (à 6 u. 4 Met.) = 96 □ Met.
1 Deckenfläche (à 6 u. 6 Met.) = 36 □ „
132 □ Met.

Es würden also in einer Stunde $132 \times 0{\cdot}0265$ Cub.-Met. Kohlensäure = 3·498 Cub.-Met. stündlich entweichen, wenn in dem Raume stets reine Kohlensäure gegen atmosphärische Luft diffundirte.

Um die Diffusion eines Gemischs von Kohlensäure und Luft zu finden, müssen wir von der Anfangsdiffusion eines kleinen Zeitabschnitts, für unsere Zwecke genügt eine Minute, ausgehen. In der ersten Minute würden aus dem Raume $\frac{3{\cdot}498}{60} = 0{\cdot}0583$ Cub.-Met. CO_2, oder da der Raum 144 Cub.-Met. Inhalt hat, 0·0405 pCt. der vorhandenen Kohlensäure, gleichgültig in welcher Verdünnung, diffundiren; nach der Formel

$$S_n = y\left\{1 - \frac{(y-x)^n}{y}\right\}; \quad y = 100$$

$$S_{60} = 100\left\{1 - \frac{(100 - 0{\cdot}0405)^{60}}{100}\right\}$$

würden also in der Stunde 2·39 pCt. der in dem Raume befindlichen Kohlensäure diffundiren, wenn während der Diffusion keine weitere Entwicklung von Kohlensäure stattfände.

Bei einem Kohlensäuregehalt des Raumes von 5 pro Mille würden in einer Stunde nicht mehr als 0·12 pro Mille auf dem Wege der Diffusion durch die Wandungen den Raum verlassen. Die Mitwirkung der Diffusion für die Luftreinigung ist daher selbst bei diesen sehr porösen Materialien keine sehr bedeutende.

Nur für schwächere Mauerstärken wird sie einen entsprechend höheren Werth erlangen.

Da in obiger Rechnung überall zu Gunsten der Diffusion verfahren ist, werden in der Praxis, bei größeren Mauerstärken, weniger porösen Materialien, die noch dazu durch Anstrich oder Bekleiden mit einer Tapete undurchlassender sein können, zumal wenn ebenfalls bewohnte Räume an das betreffende Zimmer stoßen ꝛc. die Verhältnisse für die Diffusion noch ungünstiger, so daß man von ihrer Mitwirkung für die Luftreinigung in den meisten Fällen abzusehen hat.

In der Ventilationsfrage ist dieses Resultat auch noch für einen anderen Gesichtspunkt von großem Interesse.

Sowohl die von Pettenkofer, wie die von dem Verf. und die von Schürmann entwickelten Formeln für die Berechnung der Ventilation eines Raumes aus der Abnahme des Kohlensäuregehaltes beruht auf der Annahme, daß die Gesammtmenge der Kohlensäure auf dem Wege der Ventilation, d. h. der Verdrängung durch frische Luft aus dem betreffenden Raume, entweicht, nicht aber auf dem Wege der Diffusion

durch ein gleiches Volumen Luft ersetzt wird. Es leuchtet ein, daß, wenn ein erheblicher Bruchtheil der Kohlensäure durch die porösen Wandungen diffundirte, die berechnete Ventilationsgröße zu hoch ausfallen würde. Die Formeln würden daher einer, diesem Umstande Rechnung tragenden, Berichtigung bedürfen.

Daß eine solche in den meisten Fällen unnöthig ist, dürfte durch die vorhergegangenen Erörterungen zur Genüge dargethan sein.

Rückblick auf die Resultate der Durchlässigkeitsbestimmungen.

1) Die Baumaterialien sind zum Theil für Luft durchdringbar, zum Theil aber auch vollkommen dicht.

Zur Gruppe der durchlassenden Materialien gehören:

Backsteine,
Verblendsteine,
Chamottesteine,
Kalktuffsteine,
Sandsteine;

zu derjenigen der dichten:

Granit,
Porphyr,
Serpentin,
Syenit,
Schiefer,
Muschelkalk,
Marmor,
Alabaster,

kurz alle derben, krystallinischen und geschichteten Gesteinsarten.

2) Wenn man aus den durchlassenden Materialien eine Reihe nach abnehmender Durchlässigkeit bilden wollte, so würde dieselbe die nachstehende Folge zeigen:

Poröse Backsteine	mit	0·4	— 0·6	Cub.-Met. CO_2	Diffusion.	
Durchlassende Backsteine . .	„	0·2	— 0·4	„	„	„
Lockere Sandsteine . . .	„	0·2	— 0·4	„	„	„
Dichte Backsteine	„	0·1	— 0·2	„	„	„
Durchlassende Sandsteine .	„	0·1	— 0·2	„	„	„
Durchlassende Verblendsteine	„	0·1	— 0·15	„	„	„
Dichte Verblendsteine . . .	„	0·075	— 0·10	„	„	„
Dichte Sandsteine . . .	„	0·05	— 0·10	„	„	„
Porzellanartige Verblendsteine	„	0·05	— 0·075	„	„	„

Die vorstehende Reihe zeigt, daß unter Umständen Backsteine durchlassender sein können als Sandsteine, daß andererseits aber eine Anzahl von Sandsteinarten in der Porosität über den Backsteinen steht,

ein allgemeiner Schluß: Backstein ist durchlassender als Sandstein, ist hiernach unzulässig, da die Verschiedenheiten der Durchlässigkeit innerhalb derselben Gruppe sehr groß sind. Es hat danach die Prüfung für jeden einzelnen Fall zu erfolgen.

3) Von Einfluß auf die Durchlässigkeit der Backsteine sind folgende Momente:
   a) Durch Mengen der Thonmasse mit Kohlenklein oder anderer organischer Substanz und nachheriges Brennen wird ein Backstein von höchster Durchlässigkeit (0·4 — 0·6 Cub.-Met. CO_2) erzielt.
   b) Ein Gehalt an Sand und Gesteinstrümmern erhöht die Durchlässigkeit gegenüber reiner Thonmasse.
   c) Leichteres Einstreichen resp. festeres Einpressen der Thonmasse ist von sehr großem Einfluß auf die Durchlässigkeit der gewonnenen Backsteine, z. B.:
      lockerer Handziegel 0·25 Cub.-Met. Diffusion
      Maschinenpreßziegel 0·10 „ „
   d) Das Brennen der Backsteine erhöht die Durchlässigkeit derselben, so daß hart gebrannte Steine im Allgemeinen durchlassender sind, als schwach gebrannte; mit dem beginnenden Zusammensintern bei sehr starkem Brennen nimmt aber die Porosität wieder ab und kann durch intensivestes Brennen auf ein Minimum reducirt werden. (Beispiel des holländischen Klinkers.)
4) Verblendklinker stellen ein Material von relativ geringer Durchlässigkeit dar und müssen deshalb ungünstig auf die natürliche Ventilation wirken; der Grund hierfür liegt zum Theil in stärkerem Brennen, zum Theil aber in der Sandfreiheit der geschlämmten Thonmasse, aus welcher die Verblendklinker hergestellt werden.
5) Chamottesteine (soweit sie zur Prüfung kamen) sind ein Material von hoher Porosität.
6) Die Sandsteine sind in ihrer Durchlässigkeit so verschieden, daß die poröseren Arten zu den sehr durchlässigen, die dichteren zu den undurchlassendsten Materialien zählen.
7) Die Holzarten (Tannenholz und Eichenholz) sind auf ihrem Längsschnitte so undurchlassend, daß sie in 24 Stunden nur 18 — 20 pCt. der in den Diffuseuren vorhandenen Kohlensäure diffundiren ließen. Der Querschnitt von Tannenholz gehört zu den durchlassendsten, derjenige von Eichenholz jedoch noch zu den sehr dichten Materialien.
8) Kalkmörtel ist ein Material von sehr hoher Porosität, dessen Durchdringbarkeit für Luft durch die Zeit zwar um ein Geringes vermindert, jedoch selbst nicht durch öfters wiederholten Anstrich mit Kalkfarben wesentlich geschädigt wird.
9) Cement in frisch erhärtetem Zustand zeigt eine ziemlich hohe Porosität,

welche aber mit der Zeit wesentlich abnimmt (und beim Aufbewahren unter Wasser oder Beregnen ganz vernichtet wird. Lang.)

10) Grobsandiger Lehm giebt beim Eintrocknen ein Material von hoher Porosität, während thoniger und feinsandiger Lehm ein weniger durchlassendes Material abgeben mag.

11) Lehm- und Thonpisé-Bauten sind für Luft im höchsten Grade durchdringbar und vom Standpunkte der natürlichen Ventilation als günstige Materialien zu bezeichnen.

12) Gypsguß aus dünnem Gypsbrei ist ein außerordentlich poröses Material, während derselbe aus dickerem Brei weniger durchlassend ist.

13) Gestrichener Gyps, welcher längere Zeit als Fußboden benutzt ist, muß zu den sehr wenig porösen Materialien gerechnet werden.

14) Bekleiden mit einer dünnen ordinairen Tapete verminderte die Durchlässigkeit im Mittel von 4 Versuchen bei verschiedenen Materialien um nicht mehr als $17\frac{1}{2}$ pCt.

15) Dichte Glanztapete zeigte bereits eine Depression von ca. 40 pCt. der ursprünglichen Durchlässigkeit.

16) Sehr leichter und dünner Oelfarbenanstrich verminderte die Durchlässigkeit nicht erheblich; einfacher stärkerer Oelanstrich schädigte dieselbe um etwa $\frac{1}{3}$.

17) Doppelter Oelfarbenanstrich macht sämmtliche Materialien vollkommen undurchlassend.

18) Kalkputz mit sehr altem Oelfarbenanstrich hatte einen hohen Grad der Undurchlässigkeit bewahrt; die eintretende Verwitterung hebt daher die undurchlassend-machenden Eigenschaften des Oelfarbenanstrichs nur zu sehr geringem Theile auf.

19) Ebenso wird die Durchlässigkeit der Baumaterialien durch Wasserglasanstrich — namentlich nach einiger Zeit — so gut wie vollkommen aufgehoben.

20) Durch vollständige Erfüllung der Hohlräume mit Wasser wird selbstverständlich die Durchlässigkeit der Baumaterialien vollständig vernichtet.

21) Durch theilweise erfolgendes Benetzen wird die Durchlässigkeit in einem der Erfüllung der Poren mit Wasser entsprechenden geraden Verhältniß vermindert.

22) Es dauert eine sehr geraume Zeit, ehe vollständig durchfeuchtete Baumaterialien überhaupt einen erheblichen Grad ihrer ursprünglichen Durchlässigkeit wieder erhalten.

23) Die Wiederherstellung der Durchlässigkeit geschieht zuerst sehr langsam, dann sprungweise zunehmend.

24) Die Bestimmung der Hohlräume der Baumaterialien durch Erfüllung mit Wasser giebt nur bei den Materialien von regelmäßigstem Korn (Sandsteine) ein richtiges Maaß für die Durchlässigkeit. Backsteine und Verblendsteine enthalten blasige Hohlräume, welche sich nach Außen

öffnen, dem Wasser zugänglich, für die Durchdringbarkeit aber von keinem Einfluß sind. Für diese Materialien ist die Wassererfüllung als eine unsichere Methode zur Bestimmung der Durchlässigkeit zu bezeichnen.

25) Die Diffusion besitzt nur bei einem sehr hohen Kohlensäuregehalt der Luft und sehr porösen, dünnen Wandungen einen irgendwie wesentlichen Einfluß auf die Reinigung der Luft; unter gewöhnlichen Verhältnissen kommt dieselbe kaum in Betracht.

Eine abgekürzte Methode der Rohfaserbestimmung.

Von
Dr. F. Holdefleiß.

Mit Abbildung.

Bei Untersuchung von Futtermitteln kommt noch allgemein die Weender Methode zur Anwendung, und wenn man im speziellen Falle Anspruch darauf macht, die gewonnenen Zahlen über die Zusammensetzung eines Futtermittels mit dem bisher geltenden Durchschnitt des Gehalts vergleichen, und auf dieselben eine Berechnung der Verdaulichkeit der Nährbestandtheile stützen zu können, so muß die Analyse noch genau die Wege einhalten, wie sie in jener Methode vorgeschrieben sind.

Wenn es sich nun seit über Jahresfrist die hiesige Versuchsstation zur Aufgabe machte, den Handel mit käuflichen Futtermitteln einer ähnlichen analytischen Kontrole zu unterwerfen, wie sie beim Handel mit künstlichen Düngemitteln schon länger segensreich besteht, so durfte, sollten anders die Analysenbefunde einen allgemeinen Werth erhalten, jene Methode der Untersuchung nicht verlassen werden. Auf der anderen Seite aber häufte sich das Material durch die überraschend zahlreichen Einsendungen von zu untersuchenden Futtermitteln so bedeutend, daß die Arbeitskraft der Versuchsstation in einem solchen Maße angestrengt wurde, daß die Befürchtung Raum gewinnen mußte, als ob bei den Futtermitteln eine eben so umfangreiche Kontrole wie bei den Düngemitteln auf die Dauer nicht möglich wäre. Daneben wurde jede Futteranalyse, namentlich durch die so langwierige Rohfaserbestimmung, die sich immer über mehrere Tage ausdehnte, so weit verzögert, daß es unmöglich war, dort, wo es von den Einsendern gewünscht wurde, die Analyse mit derselben Promptheit fertig zu stellen, wie sie es bei den Düngemitteln gewöhnt sind. Beide Momente wiesen nothwendig darauf hin, die Methode, wenigstens in Bezug auf die darauf verwandte Zeit, so abzukürzen, daß jede Futteranalyse, auch wenn deren mehrere zugleich in Angriff genommen werden, an ein und demselben Tage begonnen und beendet werde.

Am meisten Schwierigkeit bot hierbei die Rohfaserbestimmung, da das Absetzenlassen der gekochten und in ein Becherglas gespülten Masse, das sich ja sechsmal wiederholt, fast jedesmal ungefähr zwölf Stunden in Anspruch nimmt, abgesehen von den zahlreichen Manipulationen, hervorgebracht durch das wieder-

holte Abheben der über der abgesetzten Masse stehenden Flüssigkeit; sowie durch das häufige Umspülen aus der Schale, in der das Kochen stattgefunden hatte, in ein hohes Becherglas zum Absetzenlassen, und umgekehrt aus diesem wieder in die Schale zum wiederholten Kochen.

Es wird anstatt dessen auf der hiesigen Versuchsstation zur Rohfaserbestimmung in den zur Untersuchung eingesandten Futtermitteln eine Methode zur Anwendung gebracht, die nur einige Stunden Zeit in Anspruch nimmt, bei der jedoch die Masse, in der die Rohfaser bestimmt werden soll, dieselbe Behandlung erfährt wie nach der alten Methode, und die mit derselben genau übereinstimmende Resultate liefert.

Die Methode soll in Folgendem beschrieben werden.

Zunächst ist nothwendig ein birnförmig aus Glas geblasenes Gefäß A (s. Abbild.) von ca. 250—280 Cc. Inhalt, oben mit verengtem Halse, unten sich in ein engeres Rohr verjüngend. Man bringt in das Gefäß von oben herein einen Propfen aus langfasrigem ausgeglühtem Asbest, den man mit einem Glasstabe bei a in dem sich verjüngenden Theile des Gefäßes feststößt, so daß er das Rohr möglichst fest verschließt; er darf nicht in dem gleichmäßig weiten Rohre allein sitzen, sondern znm Theil an der conischen Stelle, damit er, bei der nachherigen Anwendung eines starken Saugapparates nicht aus dem Rohre herausgerissen wird. Das Gefäß wird mittelst eines doppelt durchbohrten Stopfens mit einer Flasche von starkem Glase verbunden, so zwar, daß die zweite Durchbohrung des Stopfens ein umgebogenes Glasrohr b enthält.

Von dem zu untersuchenden Futtermittel werden nun, ebenso wie bei der alten Methode, 3 Gr. in das Gefäß A auf den Asbestpfropfen eingefüllt, hierauf, nachdem das Glasrohr b durch eine Gummikappe verschlossen ist, 200 Cc. kochender Flüssigkeit, die 50 Cc. einer 5prozentigen Schwefelsäure enthalten, darauf gegossen, das Gefäß mit einem Handtuche dicht umwickelt, um die Ausstrahlung der Wärme zu verhindern, und hierauf durch das umgebogene Glasrohr c, das bis dicht oberhalb des Asbestpfropfens in dem Gefäße herunterreicht, Dampf eingeleitet, der durch Kochen von Wasser in der Flasche C entwickelt wird. Durch den am Grunde des Gefäßes eintretenden Dampf wird die zu untersuchende Masse fortwährend in wirbelnder Bewegung erhalten, wodurch die Möglichkeit der Einwirkung durch die Schwefelsäure nicht unbedeutend erleichtert, ferner das Antrocknen der Masse am Rande, wie es beim Kochen in einer flachen Schale bei geringerer Vorsicht leicht in unangenehmer Weise stattfindet, verhindert wird. Dadurch, daß man die Flüssigkeit gleich kochend heiß eingießt, und die Wärmeausstrahlung verhindert, wird die Vermehrung der Flüssigkeitsmenge im Gefäße auf Kosten des hindurchgehenden Dampfes auf das äußerst geringste Maß beschränkt, so daß die Konzentration der Säure von Anfang bis zu Ende des Kochens fast genau constant bleibt, mindestens ebenso genau, wie man beim Kochen in der Schale durch Zuspritzen von Wasser die kochende Flüssigkeit auf demselben Niveau zu erhalten im Stande ist; abgesehen von dem Vortheile, daß sich hier die Konzentration der Flüssigkeit während des ganzen Verlaufs der Operation allein regulirt, während

beim Kochen in der Schale eine fortwährende Ueberwachung und Regulirung die Thätigkeit des Untersuchenden fast vollständig absorbirt. Einige Aufmerksamkeit erfordert nur die Regulirung der Flamme, durch die das Wasser in C im Kochen erhalten wird: einmal wird bei zu heftiger Entwickelung des Dampfes leicht etwas von der Masse durch den Hals des Gefäßes A herausgeschleudert, und andererseits liegt bei zu sehr ermäßigtem Kochen die Möglichkeit nahe, daß der Druck in der Flasche C sich für Augenblicke so vermindert, namentlich wenn die Flamme nicht vollständig vor Bewegung durch Luftzug geschützt ist, daß ein Theil der Masse von A durch das Rohr c nach der Dampfentwickelungsflasche hereingesaugt wird. Um letztere Gefahr möglichst zu vermeiden, kann man mit Vortheil in einer zweiten Durchbohrung des verschließenden Stopfens von C ein gebogenes, mit einer Kugel versehenes Sicherheitsrohr anbringen, in dem eine kleine Menge Wasser das Heraustreten des Dampfes verhindert, bei Druckverminderung in der Flasche aber ein Hineintreten von Luft ermöglicht.

Nachdem das Einleiten von Dampf ½ Stunde gewährt hat, wird die Verbindung zwischen dem Einleitungsrohr c und der Dampfentwickelungsflasche durch Abstreifen des Gummischlauches bei d unterbrochen, das Rohr b geöffnet und mit einem starken Saugapparat in Verbindung gebracht, worauf die klare Flüssigkeit von der ausgekochten Masse in A abgesaugt wird. Das Absaugen geht in den meisten Fällen sehr schnell, in wenigen Minuten, vor sich, besonders wenn starker Wasserdruck bei dem neuen Wiebel'schen Saugapparat zur Verfügung steht. Die Gefahr, daß man Theile der noch zu behandelnden Masse mit der Flüssigkeit zugleich entfernt, ist bei Weitem geringer als im anderen Falle, wenn man nur den Asbestpfropfen genügend umfangreich nimmt und recht dicht eindrückt; ferner findet, da die Flüssigkeit durch Absaugen vollständig entfernt wird, ein vollkommeneres Auswaschen statt.

Dieselbe Operation wird zweimal mit heißem Wasser, darauf mit Kalilauge von derselben Konzentration wie bei der Schwefelsäure, und dann wiederum zweimal mit heißem Wasser wiederholt. Nachdem noch das Rohr c abgespült und herausgenommen ist, wird schließlich noch die Masse mit Alkohol und Aether durch Absaugen ausgewaschen.

Während bis zu diesem Punkte im anderen Falle die Operation bei nur einigermaßen schwer sich absetzenden Substanzen, wie es bei den meisten zur Untersuchung kommenden käuflichen Futtermitteln, den kleienartigen Produkten, der Fall ist, sechsmal zwölf Stunden, also volle drei Tage währt, ist nach vorliegender Methode die Operation bis zu demselben Punkte in vier bis fünf Stunden beendigt.

Hierauf wird die Masse in und mit dem Gefäße A bei 100° getrocknet, dann das ganze Gefäß sammt Inhalt gewogen und endlich der gesammte Inhalt — Rohfaser + Asbest, da sich beide mechanisch nicht trennen lassen — in einen gewogenen Platintiegel gebracht, geglüht und ebenso wie das entleerte Gefäß gewogen. In jenem ersten Gewichte des Gefäßes sammt Inhalt war enthalten das Gewicht von:

Glasgefäß + Asbest + Rohfaser + dem zur Rohfaser gehörigen Aschenrückstand, davon abgezogen das Gewicht von:
leerem Glasgefäß + Tiegelinhalt, bestehend aus Asbest + Aschenrückstand aus der Rohfaser,

giebt die aschefreie Rohfaser.

Sorgfältig ausgeführte Kontrolebestimmungen nach der allgemein gebräuchlichen alten und der hier beschriebenen neuen Methode ergaben eine so hinreichend genaue Uebereinstimmung der Resultate, wie sie bei derartigen Bestimmungen nur gewünscht werden kann. Es ergaben an Rohfaser

	a) Beim Kochen in der Schale und Abheben der Flüssigkeit	b) Beim Digeriren durch Einleiten von Dampf und Absaugen
1. Erbsschaalen	28·96 pCt.	29·15 pCt.
	29·25 „	29·10 „
2. Gerstenschrot	4·88 „	4·85 „
	4·65 „	4·80 „
		4·95 „
3. Wiesenheu	31·95 „	31·70 „
	31·91 „	32·32 „
4. Haferstroh	40·70 „	39·83 „
	40·35 „	40·06 „

Ueber die Werthbestimmung der Kartoffeln.

Von

Dr. Holdefleiß.

Nebst einer Tafel.

Durch keine andere wirthschaftliche Maßnahme oder Umänderung in der allgemeinen landwirthschaftlichen Betriebsweise ist die Nothwendigkeit einer näheren Erkenntniß der einschlagenden Vorgänge und Thatsachen mehr gefördert worden, als durch die ausgedehnte Einführung der technischen Gewerbe in den landwirthschaftlichen Betrieb.

Wie es Verhältnisse giebt, in denen die Landwirthschaft nur noch dann Gewinn abwirft, wenn die voluminösen Producte der Wirthschaft durch jene Gewerbe eine erhöhte Verwerthung erfahren, so ist es selbstverständlich, danach zu trachten, durch Anwendung von vermehrtem Wissen keinen der möglicherweise zu ziehenden Vortheile verloren gehen zu lassen. In Folge davon hat denn auch die Technik der landwirthschaftlichen Gewerbe einen so hohen Grad der Entwickelung erreicht, daß man beinahe anfängt, danach zu streben, in denselben fast mit wissenschaftlicher Genauigkeit die Rohmaterialien zu verarbeiten.

Das gilt hauptsächlich von den beiden in erster Linie zur Unterstützung der landwirthschaftlichen Ausnutzung herangezogenen Gewerben, der Zuckerfabrikation und der Branntweinbrennerei, mit den in denselben zur Verarbeitung kommenden Producten, den Zuckerrüben und Kartoffeln. Da aber beide Producte in ihrem Werth und Gehalt je nach Varietäten und Anbauverhältnissen außerordentlich schwanken, so würde natürlich eine genaue Beobachtung über den richtigen Gang der technischen Arbeit, über die gewünschte Ausnutzung der Materialien nicht möglich sein, wenn man nicht zu jeder Zeit eine vollständige Kenntniß des Gehaltes der gerade zu verarbeitenden Rüben resp. Kartoffeln hat. Erst wenn man den Gehalt des Rohmaterials in einem bestimmten Falle genau ermittelt hat, die daraus mögliche Ausbeute berechnet und dieselbe mit der in demselben Falle wirklich erhaltenen Ausbeute vergleicht, erst dann kann man beurtheilen, ob die betreffende Fabrik gut oder schlecht arbeitet. Dazu ist aber nothwendig, daß die

Gehaltsermittelung keine zu langwierige Operation ist, daß sie möglichst in jeder Fabrik schnell ausgeführt werden kann: wenn es nöthig wäre, in jedem solchen Falle den umfangreichen Apparat des chemischen Laboratoriums in Bewegung zu setzen, so würde es für den Betrieb nicht nur durch außerordentliche Vertheuerung, sondern mehr noch durch Verzögerung störend sein.

In Betreff der Zuckerrüben ist man in dieser Beziehung viel besser daran, als in Betreff der Kartoffeln; zunächst zeigen Jene in der Regel nicht so große Unterschiede im Gehalte als Diese — selten liegt der Zuckergehalt des Rübensaftes außerhalb der Grenzen 12 — 18 pCt., während der Stärkegehalt der Kartoffeln nach den dafür aufgestellten Tabellen zwischen 9·5—26 pCt. schwankt — so daß der durch ungenügende Kenntniß des Gehalts entstehende Fehler bei den Kartoffeln meistens größer ist als bei den Zuckerrüben. Andererseits aber hat man in dem Polarisationsapparat ein Instrument, mit dem man den Zuckergehalt des Rübensaftes so schnell und doch so richtig wie man für den großen Betrieb nur wünschen mag, leicht bestimmen kann, während es bis jetzt eine Methode, den Stärkegehalt der Kartoffeln auf leichte und schnelle Weise direct zu bestimmen, noch nicht giebt.

Man hat sich deshalb damit geholfen, eine Beziehung zwischen Stärkegehalt und dem specifischen Gewichte der Kartoffeln zu suchen, hat Tabellen aufgestellt, die den Stärke- und Trockensubstanzgehalt für jedes mögliche specifische Gewicht angeben, so daß es in jedem Falle nur einer specifischen Gewichtsbestimmung bedürfte, die in der Praxis von Jedermann leicht ausgeführt werden kann, um dann sogleich mit Hülfe der Tabellen — es ist jetzt allgemein die von Balling berechnete im Gebrauch — orientirt zu sein.

Es ist nicht zu leugnen, daß eine solche Bestimmungsweise eben in Folge ihrer leichten Ausführbarkeit für die Praxis von außerordentlichem Werthe ist, vorausgesetzt, daß sie richtige Resultate giebt; ist das aber nicht der Fall, so ist sie nicht nur nicht zu gebrauchen, sondern geradezu zu verwerfen, da sie zu Irrthümern Veranlassung geben könnte, die für den Betrieb verhängnißvoll werden müßten.

Genauere Untersuchungen über die chemischen Vorgänge bei der Spiritusfabrikation, von Professor Maercker auf der agricultur-chem. Versuchs-Station zu Halle ausgeführt, führten zuerst nicht nur zur Vermuthung, sondern schon zur Erkenntniß, daß jene Tabellen nicht immer richtige Angaben liefern.

Veranlaßt durch die von derselben Versuchs-Station ausgehende erste Veröffentlichung von Zahlen über die Unrichtigkeit der Balling'schen Angaben in Betreff des Trockensubstanzgehaltes der Kartoffeln stellte auch v. Nathusius-Königsborn Daten zur Verfügung, die er schon vor einer längeren Reihe von Jahren durch eigene Untersuchungen gewonnen, und die ihm die Gewißheit verschafft hatten, daß die Balling'schen Trockengehaltszahlen unrichtige seien.

Dazu kamen zahlreiche Anfragen aus der Praxis, dahin gehend, wie es käme, daß eine und dieselbe Betriebsweise mit der einen Partie Kartoffeln besser arbeite als mit einer anderen; Differenzen, die in wiederholten Fällen nur dadurch erklärt wer-

den konnten, daß den Berechnungen falsche Annahmen für den Gehalt der Kartoffeln zu Grunde gelegt waren. Alles dies wies darauf hin, daß die Giltigkeit der bisher gebräuchlichen Tabellen die schärfsten Zweifel verdiente. Mochten sie auch bei der älteren Betriebsweise genügt haben, so stellte sich doch immer mehr und mehr heraus, daß zur Beurtheilung der neueren, viel genauer arbeitenden Verfahren jene Zahlen für den Stärkegehalt der Kartoffeln nicht immer eine brauchbare Grundlage bildeten.

Diese Thatsachen mußten es wünschenswerth erscheinen lassen, umfassendere genaue Untersuchungen über den Gehalt der Kartoffeln auszuführen, sowohl um zu entscheiden, ob die Bestimmung des specifischen Gewichtes allein hinreichend sei, um Zahlen für den Stärkegehalt zu bekommen, die den Anforderungen an Genauigkeit, die man jetzt zu stellen genöthigt ist, entsprechen, als auch dann in zweiter Linie jene Balling'sche Tabelle einer erneueten Prüfung zu unterwerfen, eventuell die Grundlagen einer neu aufzustellenden Tabelle zu bestimmen.

Der bequemste Weg dazu, der auch schon von früheren Analytikern, die über diesen Gegenstand gearbeitet haben, eingeschlagen ist, war der, eine ganze Reihe von Kartoffeln, deren specifisches Gewicht bekannt war, auf ihre Bestandtheile zu analysiren, und zu versuchen, aus den erhaltenen Zahlen eine Gesetzmäßigkeit abzuleiten. Dabei war es aber zunächst nothwendig, eine exacte chemische Methode der Stärkebestimmung in den Kartoffeln zu präcisiren, da bisher deren verschiedene zur Anwendung gekommen waren, ohne daß eine davon einer genaueren chemischen Kritik gegenüber sich als vollständig richtige quantitative Bestimmungsart erwiesen hätte.

Zur Bestätigung dieses, sowie zur Beurtheilung des bisher vorhandenen Untersuchungsmaterials überhaupt, sei in Folgendem zunächst eine Uebersicht der über den vorliegenden Gegenstand zur Veröffentlichung gekommenen Arbeiten gegeben.

Zuerst, ehe man irgend welche Methode, die nur einigermaßen richtige Resultate ergeben konnte, in der Praxis zur Werthbestimmung der Kartoffeln anwandte, wurde von den Analytikern das Stärkemehl in den Kartoffelsorten so bestimmt, daß man sie zerrieb und durch Auswaschen auf einem Siebe die Stärkekörner von den Fasern zu trennen suchte.

Diese Sorten, die auf solche Weise untersucht waren, hielt man nur für constant in der Zusammensetzung, und wenn man in der Praxis irgend eine Kartoffelvarietät verarbeitete, so schrieb man ihr ohne Weiteres den in oft ganz anderen Verhältnissen nach jener Methode ermittelten Gehalt zu.

War schon die Methode der mechanischen Trennung des Stärkemehls aus einer bestimmten Kartoffelprobe äußerst mangelhaft, so mußte zu noch größeren Unrichtigkeiten der Irrthum führen, eine Kartoffelsorte unter allen Verhältnissen für gleich in der Zusammensetzung zu halten.

Da war es Berg, der, als der Erste, eine Relation zwischem specifischem Gewichte und Stärkemehlgehalte der Kartoffeln vermuthet und bestätigt findet[2]).

1) Dingler's Polytechn. Journal. 65. Bd. S. 48.

Er überlegt so: da das Stärkemehl der hauptsächlichste Bestandtheil der Kartoffeln ist, so muß mit dem Gehalte an demselben auch in gleichem Verhältnisse das specifische Gewicht steigen und fallen und umgekehrt. Beträgt das specifische Gewicht des nassen Stärkemehls 1225, das des Wassers gleich 1000 gesetzt, so wäre das specifische Gewicht der Kartoffeln

$$K = \frac{1225x + 1000\ (100 - x)}{100}$$

wenn die Kartoffel nur aus Wasser und Stärke bestände und x die Stärkeprocente der betreffenden Kartoffel angäbe. Es wäre also

$$x = \frac{K - 1000}{2{\cdot}25}$$

Doch ist schon nach ihm der Divisor 2·25 nicht richtig, sondern für Kartoffeln mit dem specifischen Gewicht unter 1100 soll der Divisor = 3, für solche mit dem specifischen Gewichte über 1100 — 2·7 betragen. Bei Anwendung dieser Divisoren aber soll man Zahlen erhalten, die mit den nach jener Auswaschungsmethode erhaltenen Resultaten genügend übereinstimmen.

Allerdings konnte eine Formel, die sich nur auf die specifischen Gewichte der Kartoffel sowie des Stärkemehls gründete, den Stärkegehalt der Kartoffeln nicht richtig angeben, da auch andere Factoren das specifische Gewicht mit beeinflussen, so namentlich auch, wie nachher Lüdersdorff hervorhebt, der Gehalt an atmosphärischer Luft. Durch die Einführung verschiedener Divisoren in die Formel wurde überdies das Verhältniß nur complicirter, ohne daß dadurch seine Richtigkeit unanfechtbarer geworden wäre.

Doch aber war es schon äußerst wichtig, daß von Berg auf solche Weise ein Weg angegeben worden war, der die Möglichkeit zeigte, der Praxis in dem Verlangen nach einer schnellen und hinreichend sicheren Werthbestimmungsmethode der Kartoffeln entgegen zu kommen.

Auf diesem Wege ging Lüdersdorff weiter[1]). Die vorher gebräuchliche Methode der Stärkebestimmung durch mechanische Trennung genügte ihm nicht, da, wie er ausführt, bei dem Zerreiben auf dem Reibeisen die Stärke nicht vollständig bloßgelegt wird, also noch ein Theil davon in der Faser verbleibt, während bei dem Zerreiben im Mörser die Zerkleinerung zu weit geht, so daß auch etwas von der Faser mit abgeschlemmt wird; im ersten Falle werde also zu wenig, im zweiten zu viel gefunden. Er verwendet daher schon eine chemische Methode der Stärkebestimmung und versucht, zwischen den durch dieselbe gefundenen Zahlen und den entsprechenden specifischen Gewichten eine Gesetzmäßigkeit aufzufinden. Die Methode ist allerdings noch ziemlich primitiv, schafft für die practische Verwerthung aber doch schon bei Weitem richtigere wissenschaftliche Unterlagen als das Bisherige. Die von ihm angewandte Methode ist die, daß er mehrere Kar-

1) Journal für praktische Chemie, XX. Bd., Seite 445. „Ausmittelung des Stärkegehalts der Kartoffeln" und XXII. Bd. S. 127, „Nachträgliche Bemerkungen über die Ausmittelung des Stärkegehalts der Kartoffeln" von Dr. Lüdersdorff.

toffelproben von verschiedener Beschaffenheit zuerst kocht, ohne sie aufplatzen zu lassen, sie dann von der Schale befreit, die entschälten Knollen in einer Reibschale zerreibt und das mit Wasser aufgeschlemmte Pulver mit einer Diastaseauflösung bei 54° R. behandelt, so lange bis Jodtinctur keine Stärkereaction mehr zeigt, was nach einer Viertelstunde eintritt.

Die Masse wird dann mit Wasser verdünnt, abfiltrirt, der Rückstand ausgewaschen, getrocknet und gewogen, ebenso werden die Flüssigkeiten zur Trockne gebracht und gewogen.

Die Summen der durch beide Wägungen erhaltenen Zahlen sollen die Trockensubstanzmengen der einzelnen Kartoffelproben darstellen, sind freilich vermehrt um die Trockensubstanz der Diastaseauflösung, stimmen aber ziemlich überein mit direkten Trockenbestimmungen, die in anderen Knollen derselben Proben ausgeführt sind. Um zu sehen, wie viel von der Trockensubstanz jener abfiltrirten Flüssigkeiten aus Stärke besteht, werden von einigen Kartoffelproben Wasserauszüge gemacht, aus denen dann das coagulirbare Eiweiß abgeschieden wird:

Der dadurch gefundene Gehalt an Gummi, Salzen, Zucker, Extraktstoff und coagulirtem Eiweiß wird von den Trockensubstanzmengen jener mit Diastase gewonnenen Extrakte abgezogen, und der Rest wird als Stärke angesehen. (Auch diese Stärkebestimmungen fallen natürlich von vornherein schon zu hoch aus, um die gesammten Trockensubstanzmengen der Diastaseauflösung).

Die auf solche Weise gefundenen Zahlen für den Stärke- und Trockensubstanzgehalt werden nun von Lüdersdorff mit den spezifischen Gewichten der entsprechenden Kartoffelproben in Beziehung gesetzt, so zwar, daß er jene Zahlen mit den spezifischen Gewichten dividirt und dadurch eine Reihe von Faktoren erhält, von denen immer mehrere unter einander gleich sind, mit denen also das spezifische Gewicht multiplizirt, einfach durch Rechnung den Stärke- und Trockengehalt ergiebt.

Er stellt dann folgende Tabelle auf:

28	27	26	24	22	20	18	16
1·129	1·119	1·114	1·109	1·104	1·082	1·074	1·068
1·120	1·115	1 110	1·105	1·083	1·075	1·069	1·061
21	20	19	17	15	13	11	9

„Die Zahlen, welche über den Kolumnen stehen, in denen die Grenzen der diesen Zahlen zugehörigen spezifischen Gewichte enthalten sind, sind die Multiplikatoren zur Berechnung des gesammten Trockengehalts der Kartoffeln;

die Zahlen unter den genannten Kolumnen sind dagegen die Multiplikatoren zur Berechnung des reinen Stärkegehalts."

Diese Art und Weise, den Stärke- und Trockengehalt der Kartoffeln aus dem leicht zu bestimmenden spezifischen Gewichte derselben zu berechnen, war eine so bequeme, daß sie sehr bald Anklang fand. Allerdings war die Zahl der Bestimmungen, auf die das Gesetz begründet wurde, bei Lüdersdorff nur eine verhältnißmäßig geringe, doch schien die Gesetzmäßigkeit eine so konstante zu sein, daß man berechtigt sein konnte, zu glauben, mit der Tabelle immer das Richtige zu treffen.

Die Lüdersdorff'schen Zahlen gelangten dann auch zur allgemeinen Annahme, als Balling, der sich um die Prüfungsmethoden aller in den Gährungsgeweben vorkommenden Materialien, sowie um die Aufstellung einer Menge von Tabellen über diesen Gegenstand außerordentlich verdient machte, sie bei Aufstellung seines Lehrbuches[1]) acceptirte, allerdings unter näherer Prüfung und Erweiterung.

Die Trockensubstanz der Kartoffeln nennt Balling[2]) „den Rückstand, welcher nach dem Trocknen der zerkleinerten Kartoffeln an der Luft bei der gewöhnlichen mittleren Temperatur erhalten wird."

Den Stärkemehlgehalt ermittelt er direkt ähnlich wie Lüdersdorff durch Ueberführen in Dextrin und Zucker vermittelst Diastaseauflösung, welche er sich aus geschrotenem Gerstenmalz durch Extraktion mit dem 5fachen Gewicht Wasser bei 40° R. als ein „klares Infusum" bereitet, die er aber nicht gebraucht, ohne zuvor ihr absolutes Gewicht und ihre Dichte bei 14° R. bestimmt zu haben, so daß er dann durch Subtraktion der durch das Malzinfusum zugeführten Substanzen richtigere Zahlen erhalten muß als Lüdersdorff, der dies vernachlässigt hatte. Zu dieser Diastaseauflösung bringt er dann „eine gewogene, dem angewendeten Malzschrote gleiche Menge der ganz fein zerstoßenen oder gemahlenen Kartoffel-Trockensubstanz, und erwärmt es damit langsam steigend und unter Umrühren bis 60° R., wobei man die Masse etwa 1 Stunde zu erhalten sucht.

„Man kühlt nun schnell ab, bringt die Masse durch Ersatz des verdampften Wassers auf das vor der Erwärmung bestandene Gewicht des Malzinfusums + der zugesetzten gemahlenen Trockensubstanz zurück und prüft nun die klare Flüssigkeit, worin sich das Stärkemehl aus der Trockensubstanz zu Gummi und Zucker aufgelöst findet, wieder bei 14° R. Temperatur auf ihre spezifische Schwere, worauf sich die Saccharometer-Anzeige der Flüssigkeit und ihre Zunahme gegen jene des Malzinfusums ergiebt. Hat man nun durch einen Vorversuch ausgemittelt, welche Zunahme der Saccharometer-Anzeige unter gleichen Umständen ein der Trockensubstanz gleiches Gewicht lufttrockenen reinen Kartoffelstärkemehls bewirkt, so kann man daraus durch Vergleichungsrechnung den Stärkemehlgehalt der Trockensubstanz und, auf die rohen Kartoffeln bezogen, auch jenen dieser finden."

Die Stärkebestimmungsmethode ist allerdings schon genauer als die von Lüdersdorff angewandte, indem sie die gröberen Mängel derselben vermeidet, doch kann sie immerhin noch nicht auf den Werth einer exakten, quantita-

1) Die Gährungschemie von Carl J. N. Balling. Prag 1845. (Erste Auflage.)
2) Dasselbe 3. Auflage, S. 304.

tiven Analyse Anspruch machen, da der Schluß aus der Zunahme der Dichte einer so komplizirt zusammengesetzten Flüssigkeit, um die es sich hier handelt, auf die Menge der vorher darin enthalten gewesenen Stärke nicht gegen alle Zweifel sicher ist, und daher nicht die Beweiskraft einer direkten gewichtsanalytischen Bestimmung des Stärkemehls haben kann.

So weichen dann auch Balling's Zahlen wenig von den Lüdersdorff'schen ab, nur stellt er noch mehr Multiplikatoren auf als dieser.

Jene Faktoren bei Lüdersdorff wurden größer mit steigendem spezifischem Gewichte; es war daher vielmehr zu erwarten, daß sie eine mit der aufsteigenden Reihe der spezifischen Gewichtszahlen conforme Reihe bildeten, als daß immer einer davon für eine ganze Anzahl der Letzteren gelten sollte.

In der That beschränkt Balling die Grenzen der seinen Faktoren zugehörigen spezifischen Gewichte, so daß er folgende Tabelle erhält, deren Einrichtung dieselbe ist, wie die der Lüdersdorff'schen und daher keiner Erklärung bedarf.

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1·060 bis 1·064	1·065 bis 1·069	1·070 bis 1·074	1·075 bis 1·079	1·080 bis 1·084	1·085 bis 1·089	1·090 bis 1·094	1·095 bis 1·099	1·100 bis 1·104	1·105 bis 1·109	1·110 bis 1·114	1·115 bis 1·119	1·120 bis 1·124	1·125 bis 1·129
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Um den Gehalt der Kartoffeln noch genauer zu bestimmen, soll man, wenn „spezifische Schweren der Kartoffeln vorkommen, welche innerhalb der beiden, um 0·005 entfernten Grenzen derselben liegen, den jeweiligen Multiplikator um die proportionalen Dezimalen, nämlich für je 0·001 in der spezifischen Schwere um 0·2 vergrößern"; so daß also der Trockengehalt einer Kartoffelsorte von 1·073 spezifischem Gewicht $= 1{\cdot}073 \times 18{\cdot}6 = 19{\cdot}96$ ist. Auf diese Weise wird die Stetigkeit des Wachsthums der Multiplikatoren aufrecht erhalten, wodurch allerdings die Tabelle komplizirter wird, die durch Rechnung erhaltenen Zahlen aber jedenfalls der Richtigkeit näher kommen.

Für die Praxis hat dann Balling den Gebrauch seiner Methode noch erleichtert, dadurch, daß er durch Ausführung der Multiplikationen mit obigen Faktoren Tabellen aufgestellt hat, in denen hinter den spezifischen Gewichten sogleich die betreffenden Stärke- und Trockengehaltszahlen stehen (s. Tabelle I) und nach diesen Tabellen wird noch bis heute überall in der Praxis die Qualität der Kartoffeln bestimmt.

Trotzdem nicht nur aus den Kreisen der Praxis heraus, sondern auch von wissenschaftlich arbeitenden Analytikern wiederholt die Genauigkeit jener Angaben

angezweifelt worden ist, hat man doch, in Ermangelung einer besseren, sich fortwährend noch mit derselben behelfen müssen.

Eine genauere Prüfung der Zahlen konnte nicht vorgenommen werden, wenn nicht zuvor eine exaktere direkte Bestimmungsmethode des Stärkemehls als die bisher beliebte ausgebildet worden war, mit deren Hilfe dann wiederum eine Reihe von Analysen ausgeführt werden konnte, deren Resultate mit den Zahlen jener Tabellen zu vergleichen, oder in eine neue Beziehung mit den spezifischen Gewichten zu setzen waren.

Eine solche Methode veröffentlichte Krocker.[1])

Nachdem er nachgewiesen, daß in der ursprünglichen Kartoffel kein Zucker vorhanden, wandelt er das Stärkemehl durch Kochen des Kartoffelpulvers mit verdünnter Schwefelsäure in Traubenzucker (Dextrose) um; wenn Jod keine Stärkereaktion mehr zeigt, wird die Masse zum Syrup eingedampft, und dann in einem Kölbchen nach Neutralisirung mit neutralem weinsaurem Kalium durch Zusatz einer bestimmten Menge Hefe vergohren. Die Kohlensäure, welche durch konzentrirte Schwefelsäure hindurch entweicht, um von Feuchtigkeit getrennt zu werden, wird durch die Gewichtsdifferenzen des Apparates vor und nach dem Gebrauch bestimmt, von dem Gewicht derselben wird die Kohlensäuremenge, welche in einem gleichen Quantum Hefe, wie dort benutzt worden ist, gesondert bestimmt wurde, abgezogen, und aus der so gefundenen Kohlensäure wird die vorhanden gewesene Traubenzuckermenge nach der Gährungs-Gleichung, und daraus die Stärkemenge berechnet.

Allerdings eine äußerst sinnreiche Methode, die aber so wenig frei von Fehlerquellen ist, daß sie namentlich bei Anwendung von kleinen Mengen keine zuverlässigen Resultate liefern kann. Besonders ist es die zu lange Dauer des Versuchs — die Gährung gebraucht 4—5 Tage zur vollständigen Beendigung — dann aber hauptsächlich auch der Zusatz von Hefe, was den Vorgang verhindert, so glatt zu verlaufen, wie es die Theorie erfordert, denn frische Hefe kann, weil sie nicht ein chemisch gleichmäßig zusammengesetzter Körper ist, nicht die Garantie geben, daß aus dem einen Theile so viel Kohlensäure entsteht, wie aus einem gleichgroßen anderen.

Eine andere von Schwarz[2]) empfohlene Methode vermeidet diese Klippen. Nach derselben wird der Traubenzucker, der ebenfalls aus der Stärke durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure gebildet ist, durch Titriren mit einer ihrer Wirkung nach bekannten alkalischen Kupferoxydlösung bestimmt. Daß eine solche Kupferoxydlösung von Traubenzucker reducirt wird, so daß in einem bestimmten Verhältniß zum vorhandenen Zucker Kupferoxydul entsteht, war schon vorher bekannt, es mußte daher einladend sein, diese Eigenschaft zur Prüfung der Zucker oder Stärke enthaltenden Materialien zu benutzen und in der That ist die darauf gegründete Methode dann immer weiter ausgebildet worden.

1) Analen d. Chem. u. Pharm. Band LVII. S. 212.
2) Analen d. Chem. u. Pharm. Band LXX. S. 54.

Zunächst jedoch benutzte Pohl[1]) jene Krocker'sche Stärkebestimmungsmethode, um die Gesetzmäßigkeit zwischen specifischem Gewicht und Gehalt der Kartoffeln auf sichereren Grundlagen, als bisher geschehen, darzulegen.

Das specifische Gewicht bestimmte er durch Wägung unter Wasser bei 14,7—16° C., die Kartoffel mittelst einer Stecknadel an einem Roßhaar aufgehängt. Es wurde immer eine Kartoffel ganz zertheilt in Scheiben von 3 bis 6 Linien Dicke und bei 35—45° vorgetrocknet. Die Trockensubstanz wurde dann durch Trocknen im Luftbade bei 110° C. erhalten.

Die Zahlen, die er erhielt, waren folgende:

specif. Gewicht.	Trockensubstanz.	Stärke.
1·0896.	23·842.	16·384.
1·0914.	24·086.	16·807.
1·0928.	24·570.	17·105.
1·0944.	24·983.	17·520.
1·0990.	25·927.	18·430.
1·1009.	26·449.	18·984.
1·1057.	27·544.	20·051.
1·1070.	27·97.3	20·452.
1·1083.	28·103.	20·692.
1·1104.	28·989.	21·324.
1·1158.	29·496.	21·953.
1·1233.	31·642.	24·143.

Trockensubstanz und Stärkegehalt wachsen also nahezu proportional den Dichten

Auf Grund dieser Zahlen bildet er nun calculatorisch eine Tabelle. Er sucht die durchschnittliche Differenz zwischen den Trockensubstanzmengen für Kartoffeln, deren Dichten sich um 0·001 unterscheiden, findet dieselbe = 0·245 pCt. und stellt nun für den Trockensubstanz-Gehalt folgende Gleichung auf:

$$T = cd + (d' - d)\,245,$$

in welcher bedeutet:

„d die kleinste bei Kartoffeln zu beobachtende Dichte (1·060),

„d' die in dem besonderen Falle beobachtete Dichte,

„T den dieser letzteren Dichte entsprechenden Trockengehalt,

„c eine erst zu bestimmende Constante:

Es ist also $c = \frac{T - (d' - d)\,245.}{d}$

In obiger Uebersicht ist bei dem Werthe für d' = 1·090 T = 23·84 also ist

$$c = \frac{23{\cdot}84 - (1{\cdot}090 - 1{\cdot}060)\,245.}{1{\cdot}060}$$

$c = 15{\cdot}5566.$

$cd = 16{\cdot}49$ oder rund $= 16{\cdot}5.$

also $T = 16{\cdot}5 + (d' - 1{\cdot}060)\,245.$

1) Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. 1852. Januarheft.

Der Stärkegehalt der Kartoffeln beträgt im Durchschnitt der obigen Uebersicht 7·481 weniger als der Trockengehalt, es ist also der Stärkegehalt $St = 9 + (d' - d)\ 245$.

Diese beiden Gleichungen sind insofern bequemer als die Tabellen von Lüdersdorff und Balling, als mit je einer Gleichung die sämmtlichen Trockensubstanz- resp. Stärkemengen gefunden werden können, und nicht wie dort eine so große Anzahl verschiedener Multiplicatoren zu merken sind.

Die Ausrechnung der Constante c ist eigentlich überflüssig, denn es ist cd der Trockengehalt der Kartoffeln geringster Dichte und cd — 7·481 der entsprechende Stärkegehalt; also ist einfach der Trocken- resp. Stärkegehalt von Kartoffeln irgend welcher Dichte gleich dem der niedrigst werthigen Kartoffeln vom specif. Gewicht 1·060 vermehrt um das Product von 0·245 in die Anzahl der Tausendstel, um wie viel die betreffende Dichte höher ist als die niedrigste. Fraglich ist nur, ob wirklich die Differenzen der Trockensubstanz- sowie der Stärkemengen von Kartoffeln, deren specif. Gewicht sich um 0·001 unterscheiden von der Dichte 1·060 an aufwärts immer gleich 0·245 bleiben, bei Balling finden wir schon eine etwas steigende Differenz von 0·22 bis 0·26 in den Gehalten an Stärkemehl und Trockensubstanz für dieselbe Zunahme im specifischen Gewichte wie dort.

Dennoch unterscheiden sich die von Pohl nach seiner Formel berechneten Zahlen nur wenig von den Balling'schen, wie folgende Uebersicht zeigt:

Spezifisches Gewicht.	Trockensubstanz.		Stärke	
	nach Pohl.	nach Balling.	nach Pohl.	nach Balling.
1·060	16·50	16·96	9·00	9·54
1·065	17·73	18·10	10·23	10·65
1·070	18·95	19·26	11·45	11·77
1·075	20·18	20·42	12·68	12·90
1·080	21·40	21·60	13·90	14·04
1·085	22·63	22·78	15·13	15·19
1·090	23·85	23·98	16·35	16·35
1·095	25·08	25·18	17·58	17·52
1·100	26·30	26·40	18·80	18·70
1·105	27·53	27·62	20·03	19·89
1·110	28·75	28·86	21·25	21·09
1·115	29·98	30·10	22·48	22 30
1·120	31·20	31·36	23·70	23·52
1·125	32·43	32·62	24·93	24·75
1·130	33·65	33·90	26·15	25·99

Es ist daher erklärlich, daß die Balling'sche Tabelle, weil einmal eingebürgert, sich auch ferner im allgemeinen Gebrauch erhielt, so daß bisher nicht wieder ernsthaft an ihrer Giltigkeit gerüttelt worden ist. Selbst die Qualitätsbestimmungen der Kartoffeln bei wissenschaftlichen Erörterungen sind fast ohne Ausnahme so ausgeführt, daß das specifische Gewicht bestimmt, und der demselben nach Balling entsprechende Gehalt in Rechnung gezogen wurde.

Nur in wenigen Fällen ist noch eine genauere Untersuchungsmethode durchgeführt. So bestimmt Dragendorff[1]) die Stärke von Kartoffeln und anderen Stärkemehl haltigen Materialien so, daß er die Substanz, nachdem er sie getrocknet, mit einer alkoholischen Kalilösung, welche aus 5—6 Theilen festen Kalihydrats und 94—95 Theilen absoluten Alkohols besteht, bei 110° in zugeschmolzenen Röhren erhitzt, um die Proteinsubstanzen und Extractivstoffe, sowie einen Theil der in der Substanz enthaltenen mineralischen Salze zu lösen und die Fette zu verseifen.

Darauf wird alles Lösliche abfiltrirt und ausgewaschen, und der Rückstand, nachdem er getrocknet und gewogen, mit 5procentiger Salzsäure erhitzt oder mit Malzauszug bei 56° R. dirigirt.

Der nun nach dem Abfiltriren und Auswaschen bleibende Rückstand wird gewogen und der Verlust als Stärke berechnet. Da durch das Erhitzen mit Salzsäure außer Stärke auch mineralische Salze ausgezogen sind, so ist, um den dadurch entstehenden, allerdings geringen Fehler, zu vermeiden, der zuckerhaltige Auszug einzudampfen und zu verbrennen und die Asche noch zu verrechnen. Außerdem kann der Zucker noch direct in dem Auszuge (nur wenn Salzsäure, nicht Malzauszug, angewendet) durch Reduction mittelst alkalischer Kupferoxydlösung oder durch Vergährung wie oben bestimmt werden.

Die bisher gekennzeichneten analytischen Methoden laufen also alle darauf hinaus, daß das Stärkemehl in eine Zuckerart umgewandelt wird, und die Menge des so entstandenen Zuckers bestimmt werden soll.

Die Umwandlung der Stärke geschieht entweder durch Digeriren mit Malzextract oder durch Erhitzen mit verdünnten Mineralsäuren; die Bestimmung des Zuckers wird ausgeführt durch Vergährung mit Hefe oder durch die Zunahme der Saccharometeranzeige im Extracte oder endlich durch Reduction mittelst alkalischer Kupferlösung (Fehling'scher Lösung). Von den Bestimmungsweisen des Zuckers kann nur die letztere, Reduction mittelst alkalischer Kupferlösung, Anspruch machen auf die Bezeichnung einer genauen quantitativen Methode; doch ist dieselbe nur dann anwendbar, wenn sämmtliche Stärke in Dextrose umgewandelt ist, eine Zuckerart von der Zusammensetzung von $C_6 H_{12} O_6$, gewöhnlich Traubenzucker genannt. In diese Zuckerart wird die Stärke nur durch starkes Erhitzen mit verdünnten Mineralsäuren vollständig umgewandelt, während beim Digeriren mit Diastase aus der Stärke nur Dextrin und Maltose entstehen, ersteres eine in Wasser lösliche Gummiart, seiner Zusammensetzung nach ein

1) Chem. Centralblatt 1862. S. 523, aus Pharm. Zeitschrift für Rußland. 1862, S. 41.

Isomeres der Gruppe $C_6 H_{10} O_5$, das die Kupferlösung gar nicht reducirt, letztere eine Zuckerart von noch zweifelhafter Formel, dessen Reductionsvermögen auf alkalische Kupferlösung geringer ist als das des Traubenzuckers. Wenn also jene Fehling'sche Methode zur Anwendung kommen soll, so muß nothwendigerweise die Behandlung mit einer Säure vorher gegangen sein. Nun aber ist die Gefahr vorhanden, daß unter den Bestandtheilen der Kartoffel nicht allein die Stärke durch Mineralsäuren angegriffen wird, sondern auch, wenn auch in geringerem Grade, die Cellulose und namentlich die übrigen stickstofffreien Extractstoffe, wie die Pectinstoffe. In diesem Falle würde also durch eine solche Behandlung das Resultat stets zu hoch ausfallen.

Um also die Stärke der Kartoffeln genau zu bestimmen, muß es darauf ankommen, eine Methode der Aufschließung anzuwenden, welche keine anderen Bestandtheile in ähnlicher Weise angreift wie die Stärke, und welche dennoch letztere vollständig in Dextrose umwandelt.

Zur Feststellung einer solchen Methode geschah der erste Schritt bei den schon erwähnten Maercker'schen Untersuchungen über den Brennereiproceß.

Es wurde[1]) die in einer Reibschale mit Wasser fein geschlämmte stärkemehlhaltige Substanz längere Zeit mit Wasser gekocht, um die Stärke aufquellen zu lassen, dann mit einigen Tropfen 10procentiger Schwefelsäure digerirt, bis Jod keine Stärkereaction mehr gab. Das Filtrat wurde dann mit verdünnter Schwefelsäure im zugeschmolzenen Rohre im Oelbade auf 110° C. erhitzt, um die Invertirung zu vervollständigen. Darauf wurde mit kohlensaurem Blei oder Baryt neutralisirt und der Zucker mit alkalischer Kupferlösung sowohl durch Titriren als auch durch Wägen des reducirten Kupferoxyduls bestimmt. Die Behandlung mit Schwefelsäure geschah demnach, im Gegensatz zu früheren Methoden, in zwei Operationen: durch die erste Behandlung mit äußerst verdünnter Schwefelsäure sollte nur die Stärke erst in Lösung gebracht, alle übrigen Bestandtheile aber intact gelassen werden, während dann, nachdem die Lösung durch Filtration von den übrigen Stoffen getrennt war, durch stärkere Erhitzung mit mehr Säure nur die von der ursprünglichen Stärke herrührenden Umwandlungsproducte in Dextrose übergeführt werden konnten.

Freilich mußte es mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden sein, immer die richtige Grenze einzuhalten, um bei Behandlung des Kartoffelpulvers mit verdünnter Säure immer alle Stärke zu lösen und doch die zarte Cellulose intact zu erhalten.

Es sind in dem vorliegenden Aufsatze von Maercker nur äußerst wenige nach vorstehender Methode ausgeführte Stärkebestimmungen aufgeführt, so daß eine Vergleichung der Zahlen mit denen der Balling'schen Tabelle nicht durchgeführt werden kann. Auch ist die Methode bei jenen Untersuchungen nur versuchsweise angewandt und der eben erwähnten Unsicherheit halber, von Maercker selbst wieder aufgegeben worden.

1) Journal für Landwirthschaft, 20. Jahrgang. „Studien über den Brennereiproceß. Nach Untersuchungen von E. Schulze und M. Maercker.

Die Uebersicht dieses sämmtlichen bisher vorliegenden Materials zeigt mithin, daß es noch der Ausbildung und Präcisirung einer vollständig exacten quantitativen Bestimmungsmethode der Stärke in den Kartoffeln bedarf, welche sich von ähnlichen möglichen Fehlerquellen, als auf welche bei den bisherigen oben hingewiesen, frei hält, dann aber auch, daß die Angaben der jetzt giltigen Tabellen einerseits auf Zahlen beruhen, die nach wenig exacter Methode gewonnen sind, andererseits schon vielfach den nicht unberechtigten Vorwurf der Unrichtigkeit hervorgerufen haben.

In Betreff des Trockensubstanzgehaltes ist in der agricultur-chemischen Versuchsstation zu Halle schon vor einigen Jahren eine Reihe von Bestimmungen ausgeführt und in den Berichten über deren Wirksamkeit[1]) zur Veröffentlichung gekommen. Es wurde da schon gefunden, daß das wirkliche Trockengewicht der Kartoffeln stets um einige Procente niedriger ist, als das in der Balling'schen Tabelle angegebene.

Die Zahlen dieser Mittheilung sind in der vorliegenden Arbeit mitbenutzt worden, um Material aus möglichst vielen Jahren zu bekommen — die damals untersuchten Proben stammten aus 1872 und 1873 — es war jedoch noch nothwendig, die Beispiele durch zahlreiche Trockenbestimmungen von Kartoffeln aus anderen Jahren möglichst zu vermehren, und namentlich dann das Material praktisch zu verwerthen, durch Bestimmung der Gesetzmäßigkeit, welche die gewonnenen Zahlen miteinander verbindet.

In Betreff des Stärkegehaltes der Kartoffeln war es damals noch nicht zur Ausbildung einer präcisen analytischen Methode gekommen, noch viel weniger zur Aufstellung bestimmter Zahlen, es bedurfte daher bei diesem schwierigsten und wichtigsten Theile der Untersuchung noch der vollständigen Entwickelung; doch war es schätzenswerth, daß noch die getrockneten Proben aus jenen Jahren zu Gebote standen, um so auch die Untersuchungen über den Stärkemehlgehalt auf Material aus einer größeren Reihe von Jahren (1872, 1873, 1874, 1875) ausdehnen zu können.

Methoden der Untersuchung.

Die Bestimmung des specifischen Gewichts geschah nach der Stohmann'schen Methode, durch Bestimmung des durch die Kartoffeln verdrängten Wassers. Dieselbe giebt sehr genaue Resultate, da am Ende der Operation der Zusatz eines einzigen Tropfen Wassers sich bemerkbar macht. In der Praxis ist dieselbe allerdings nicht wohl durchzuführen, nicht bloß weil sie mehr Subtilität erfordert, als dort im Allgemeinen darauf verwendet werden kann, als hauptsächlich deshalb, weil sie die Untersuchung nur einer beschränkten Menge von Kartoffeln gestattet (ca. 1 Kilo).

In der Praxis, wo es darauf ankommt, das specifische Gewicht einer Kar-

1) Zeitschrift des landw. Central-Vereins der Provinz Sachsen u. s. w. 1874. S. 204, „Untersuchungen über die Zusammensetzung der Kartoffeln von O. Abesser."

toffelprobe zu ermitteln, welche dem Durchschnitt eines großen Quantums entspricht, ist es nothwendig, um ein einigermaßen richtiges Resultat zu bekommen, die Bestimmung in einer so großen Probe als möglich auszuführen, und das geschieht am Besten durch die Waage mit zwei übereinander aufgehängten Körben, vermittelst welcher gewöhnlich 5 Kilo untersucht werden, die aber auch für noch größere Mengen gebraucht werden kann. Hier kam es nicht sowohl darauf an, die Durchschnittsprobe einer größern Menge zu untersuchen, als vielmehr darauf, in einer bestimmten Probe, deren specifisches Gewicht genau bestimmt war, den dieser Dichte entsprechenden Gehalt zu ermitteln, und zu diesem Zwecke mußte es entsprechender sein, eine kleinere Probe zu verwenden, um dann möglichst das ganze Material für die chemische Untersuchung vorbereiten zu können.

Nach Ermittelung des specifischen Gewichtes wurden in den meisten Fällen sämmtliche Kartoffeln derselben Probe in dünne Scheiben zerschnitten, noch einmal gewogen und dann die Scheiben an Fäden aufgehängt, in einem größeren Trockenschranke bei 50—60° C. vorgetrocknet. Nur bei einigen wenigen Proben wurde nicht die ganze Substanz, sondern wurden nur einige Scheiben von jeder Kartoffel in derselben Weise zur Gewinnung der lufttrockenen Substanz behandelt. Unter jeder der aufgereiheten trocknenden Proben wurden im Trockenschrank Kästen aus glattem Papier aufgestellt, um abfallende Theilchen aufzusammeln.

Nachdem die Scheiben soweit getrocknet waren, daß sie spröde genug waren, um nachher gemahlen werden zu können, wurden sie aus dem Trockenschrank herausgenommen, nach mehrtägigem Stehen an der Luft gewogen und dann auf einer Mühle zermahlen. Von diesem Pulver, das also seiner Entstehungsweise nach die Probe, deren specifisches Gewicht bestimmt worden war, als vollkommen gleichmäßiges Material darstellte, wurde nach sorgfältigem Durchschütteln in ca. 5—10 Grm. die Trockensubstanz bestimmt durch Erwärmen in Trockenröhren, welche im Wasserbade aufgestellt waren, und durch welche ein beständiger Strom von Wasserstoffgas geleitet wurde.

Es ist schon in jener ersten Mittheilung über die auf der Versuchsstation ausgeführten Trockensubstanzbestimmungen in Kartoffeln von Abesser nachgewiesen, daß das Vortrocknen im Trockenschrank die Richtigkeit des Resultats nicht beeinträchtigt. Bei denselben waren von jeder Kartoffel nur eine oder zwei Scheiben getrocknet und gepulvert: jedenfalls giebt jene Methode, die Kartoffeln vollständig zu zerschneiden, zu trocknen und zu pulvern weit eher die Sicherheit, eine vollständig richtige Probe zu erhalten; doch kann auch eine nur aus einzelnen Scheiben der Kartoffeln resultirende Probe bei genügender Sorgfalt der Zubereitung den Durchschnitt ganz richtig angeben. Es kann daher kein Bedenken erregen, die damals ausgeführten Trockenbestimmungen mit den neueren auf eine Linie zu stellen, sowie die so zubereiteten noch vorhandenen Proben zur Stärkebestimmung mit heranzuziehen.

Die meisten Schwierigkeiten bot nun endlich die Ermittelung der Stärke selbst dar.

Es konnte nach dem früher Gesagten, nachdem man wußte, daß die Reducirung der Kupferlösung durch Dextrose in constantem quantitativem Verhältniß stattfindet, nur eine solche Methode in Betracht kommen, welche es möglich macht, die Stärke nach Umwandlung in Dextrose gewichtsanalytisch durch alkalische Kupferlösung zu bestimmen. Die Titration durch Kupferlösung von bekanntem Titre wurde vermieden zu Gunsten der gewichtsanalytischen Bestimmung des reducirten Kupferoxyduls, da es immer gelang, auf die nachher zu beschreibende Weise nach letzterer Methode die genauesten Resultate zu erhalten. Die Titration dagegen, die in reinen Zuckerlösungen sehr gut auszuführen ist, wird in solchen mit stickstoffhaltigen Stoffen versetzten Flüssigkeiten, wie sie hier vorlagen, sehr getrübt dadurch, daß die sehr alkalische Lösung die Proteinsubstanzen zersetzt, und nicht nur eine starke Färbung der Flüssigkeit zu gelb bis braun hervorruft, sondern selbst einen mißfarbigen Niederschlag derselben bildet, wodurch ein genaues Beobachten der eintretenden Reaction verhindert wird.

Sonach war nur noch zu entscheiden, auf welche Weise die Ueberführung des Stärkemehls in Dextrose am Besten und richtigsten vorzunehmen sei. Es sind dazu zwei Wege vorhanden. Einmal kann die Stärke vollständig in Dextrose übergeführt werden durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure bei 115 bis 120° C.; auf der andern Seite wird durch Digestion mit Diastaselösung die Stärke zu Dextrin und Maltose gelöst: bevor aber in diesem Falle die gesammte Stärkemenge durch Reduction von Kupferlösung bestimmt werden kann, müssen jene Umwandlungsproducte, Dextrin und Maltose, erst auch noch zu Dextrose umgewandelt werden, was in gleicher Weise durch Erhitzen mit Schwefelsäure zu geschehen hat. Außerdem aber ist im zweiten Falle durch den Zusatz von Malzauszug noch ein Quantum von reducirenden Stoffen hinzugekommen, über dessen Größe man sich ebenfalls Gewißheit verschaffen muß.

Jedenfalls ist der erste Weg bei Weitem einfacher als der zweite: man würde die Substanz nur mit Schwefelsäure bei 115° C. zu behandeln, und in der Flüssigkeit unmittelbar nach Neutralisirung die Dextrose durch Kochen mit Kupferlösung zu bestimmen haben. Ist aber die Befürchtung gerechtfertigt, daß durch dieses Erhitzen der Substanz mit Schwefelsäure bei so hoher Temperatur auch andere darin enthaltene Substanzen (Pectinstoffe und Cellulose) in gleicher Weise wie das Stärkemehl in einigermaßen erheblicher Menge verändert werden, was, wie nachher nachzuweisen, wirklich der Fall ist, so kann nur die zweite Methode, Digeriren mit Malzauszug, sich empfehlen, um so mehr, als auch in der Praxis der Brennerei die Nutzbarmachung des Stärkemehls in den Kartoffeln durch Einwirkung von Malz geschieht, und somit schon aus diesem Grunde die nach solcher Methode gewonnenen Resultate sich unmittelbarer zu praktischer Verwerthung eignen.

Es mußten also zunächst beide Methoden auf ihre Richtigkeit geprüft werden.

1. Kann durch Behandeln mit Malzextract sämmtliche Stärke in Lösung gebracht werden?

Diese Frage wurde durch Untersuchung von möglichst reiner käuflicher Kartoffelstärke geprüft. Letztere enthielt

19·65 pCt. Wasser
0·11 „ stickstoffhaltige Stoffe
0·12 „ Asche
19·88 pCt. fremde Stoffe.

Eine Untersuchung derselben auf Stärke ergab folgende Resultate·

1. 1·5028 Grm. Substanz mit 50 Cc. Malzauszug digerirt, auf 250 Cc. aufgefüllt, davon 50 Cc., entsprechend 0·30056 Grm. + 10 Cc. Malzextrakt, mit Schwefelsäure auf 250 Grm., davon 50 Cc., entsprechend 0·06011 Grm. + 2 Cc. Malzextrakt gaben 0·173 Grm. CuO; ferner 25 Cc. Malzextrakt nach Erhitzen mit Schwefelsäure auf 250 Cc. aufgefüllt, davon 50 Cc., entsprechend 5 Cc. ursprünglichen Extraktes gaben 0·1378 Grm. CuO, also würden 2 Cc. = 0·0551 Grm. CuO entsprechen,

Mithin: 0·06011 Grm. Subst. + 2 Cc. Malzextrakt = 0·1730 Grm. CuO
2 Cc. „ = 0·0551 „ CuO
0·06011 Grm. Subst. = 0·1179 Grm. CuO
= 0·048122 Grm. Stärke
= 80·05 pCt.

2. 1·4992 Grm. Substanz wie oben behandelt ergaben für 0·05997 Grm. + 2 Cc. Malzextrakt 0·172 Grm. CuO, ebenso 25 Cc. Malzextrakt für 5 Cc. 0·136 Grm. CuO, also für 2 Cc. = 0·0544 Grm. CuO.

also 0·05997 Grm. Subst. + 2 Cc. Malzextrakt = 0·1720 Grm. CuO
2 Cc. „ = 0·0544 „ CuO
0·05997 Grm. Subst. = 0·1176 Grm. CuO
= 0·0480 Grm. Stärke
= 80·04 pCt.

3. Von 1·5015 Grm. Substanz ergaben wie oben
0·06006 Grm. + 2 Cc. Malzextrakt = 0·1887 Grm. CuO
5 C. Malzextrakt = 0·1777 Grm. CuO also 2 Cc. = 0·0711 „ CuO
0·06006 Grm. Subst. = 0·1176 Grm. CuO
= 0·04800 Grm. Stärke
= 79·92 pCt.

4. Von 1·505 Grm. Substanz ergaben:
0·0602 Grm. + 2 Cc. Malzextrakt = 0·1715 Grm. CuO
5 Cc. Malzextrakt = 0·1338 Grm. CuO also 2 Cc. = 0·0535 „ CuO
0·0602 Grm. Subst. = 0·1180 Grm. CuO
= 0·048163 Grm. Stärke
= 80·00 pCt.

Die Untersuchung ergab also im Durchschnitt 80·00 pCt. wirklicher Stärke, was mit der oben bezeichneten Menge fremder Stoffe zusammen 99·88 pCt. beträgt. Das Resultat ist mithin ein solches, daß es schon gerechtfertigt wäre, sich dabei zu beruhigen. Nun ist aber von Märcker gefunden, daß bei Behandlung

von Kartoffelstärke mit Malzextrakt, auch wenn mikrochemisch keine Stärke mehr nachzuweisen ist, immer noch ein Rückstand verbleibt, der nach Abzug des aus dem Malzextrakt herrührenden Coagulums, sowie des im Rückstande selbst enthaltenen unverbrennlichen Theiles, im Mittel 0·27 pCt. der Kartoffelstärke beträgt. Märcker nennt diesen Bestandtheil Stärkemehlhüllen. Jedenfalls sind in demselben auch noch jene oben aufgeführten 0·11 pCt. stickstoffhaltigen Stoffe mit einbegriffen, so daß also der Gehalt an Stärkehüllen 0·16 pCt. betrüge. Rechnet man diese Menge noch zu jener Summe hinzu, so ergiebt sich

100·04 pCt.

Die Uebereinstimmung der Resultate jener vier verschiedenen Bestimmungen untereinander, sowie mit der durch Ermittlung des Gehaltes an fremden Stoffen ausgeführten Differenzbestimmung kann nicht günstiger gedacht werden, und sie ist um so beweisender, als bei jeder der vier Analysen, wie die obige Uebersicht zeigt, ein anderer Malzauszug benutzt worden ist.

Damit ist erwiesen, daß sämmtliche in der Substanz vorhandene Stärke durch die beschriebene Methode in Dextrose übergeführt werden und in dem reduzirten Kupferoxydul ihren Ausdruck finden kann, daß sie also ihrer Anlage nach das Resultat nicht zu klein ausfallen läßt.

2. Werden durch Behandeln der Kartoffelsubstanz mit Malz-Extrakt noch andere Stoffe außer Stärke aufgelöst, die nachher auf die Kupferlösung einwirken und dadurch das Resultat zu hoch ausfallen lassen könnten?

Die Kartoffelsubstanz wurde bei den Stärkebestimmungen zunächst mit Wasser digerirt, um die Stärke aufquellen zu lassen, ja um den Vorgang so viel als möglich den Verhältnissen in der Praxis ähnlich verlaufen zu machen, wo nach Einführung der neuen Vermaischungs-Apparate, welche mit Anwendung von gespannten Dämpfen verbunden sind, die Aufquellung bei höherem Druck geschieht, wurde die Digestion so ausgeführt, daß die Substanz mit Wasser ca. ½ Stunde lang in verschlossenen Druckflaschen bei 115 Grad C. erhitzt wurde. Dadurch war allerdings die Möglichkeit gegeben, daß ein Theil der übrigen Stoffe mit in Lösung geführt werden könnte. Zunächst mußte es der in den frischen Kartoffeln schon präexistirende Zucker sein, welcher durch solche Digestion mit Wasser ausgezogen wird. Märcker[1]) fand in frischen Kartoffeln 1·22 und 1·52 pCt. Zucker, der durch Wasser extrahirt werden konnte, und ähnliche Mengen mußten auch im vorliegenden Falle ebenfalls in Lösung gehen, wurden dann durch das Erhitzen mit Schwefelsäure in Dextrose übergeführt und vermehrten den Stärkewerth der Kartoffeln. Doch ist wohl zu erwarten, daß in der Praxis des Brennereigewerbes dieser Bestandtheil ebenfalls den aus der Stärke herrührenden Zucker vermehrt und mit zur Vergährung gebracht wird; es kann daher jedenfalls kein Zweifel bestehen, daß es gerechtfertigt ist, denselben in Stärkewerth umgesetzt mit zu berechnen.

1) Journal für Landwirthschaft. 20. Jahrg. 1. Heft. S. 65.

Anders ist es mit den Pectinstoffen; dieselben gelten, ebenso wie ihre Umsetzungsprodukte, nicht als gährungsfähig, während nach der gegenwärtigen Kenntniß derselben der Fall nicht ausgeschlossen ist, daß nach dem Gange der Analyse ein Theil derselben mit gelöst und im weiteren Verlaufe der Behandlung in solche Stoffe übergeführt wird, die reduzirend auf die Kupferlösung einwirken. Durch langes Kochen mit Wasser sollen sie zum Theil in lösliches Parapectin umgewandelt werden, das dann durch Kochen mit verdünnter Säure in Metapectin übergeführt würde, welches, ohne gährungsfähig zu sein, die Kupferlösung reduzirt. Die löslichen Pectinstoffe aber, sowie das Parapectin, sind durch Bleiessig fällbar; wenn daher die durch Digestion mit Malzextrakt erhaltenen Lösungen vor dem Behandeln mit Schwefelsäure erst von den durch Bleiessig auszufällenden Bestandtheilen getrennt wurden, so war nicht zu befürchten, daß andere Stoffe als die Umwandlungsprodukte der Stärke und des Zuckers eine Reduktion der Kupferlösung bewirken könnten.

Bei Ausführung der vorliegenden Arbeit wurde dieser durch die Löslichkeit der Pectinstoffe in kochendem Wasser hervorgerufene Fehler zu Anfang als unwesentlich angesehen und nur der Einwirkung von Schwefelsäure auf dieselben eine solche Bedeutung beigemessen, daß es vermieden wurde, die ursprüngliche Kartoffelsubstanz unmittelbar mit Schwefelsäure zu behandeln. Daher kommt es, daß die nachher zu referirenden Stärkebestimmungen ausgeführt sind, ohne die Lösungen mit Bleiessig zu fällen. Da aber bei der späteren Bearbeitung die Befürchtung nicht unterdrückt werden konnte, daß dadurch dennoch zu hohe Resultate könnten erhalten sein, so wurden noch Kontrolbestimmungen ausgeführt in der Weise, daß Proben, in denen die Stärke ohne Anwendung von Bleiessig bestimmt worden war, noch einmal untersucht wurden unter Berücksichtigung jener Vorsichtsmaßregel. Es wurden dazu Proben von möglichst verschiedenem spezifischem Gewicht benutzt, so daß die Resultate so viel als möglich für alle Proben gelten können.

Es wurden erhalten:

Nr. der Tabelle.	Spezifisches Gew.	Stärkegehalt Bei Behandlung mit Bleiessig.	Stärkegehalt ohne Bleiessig.
1.	1·072	14·18	14·52
24.	1·114	21·75	21·67
36.	1·135	25·98	25·87
40.	1·146	27·88	27·99
42.	1·156	29·10	29·39

Es wurde allerdings in einigen Fällen bei Behandlung mit Bleiessig etwas weniger Stärke erhalten, als dort, wo die Pectinstoffe nicht durch Bleiessig ausgefüllt worden waren, aber die Differenzen sind nicht größer als die natürlichen Versuchsfehler der Analyse betragen können; zudem wird in zwei Fällen bei Behandlung mit Bleiessig sogar etwas mehr gefunden, freilich ebenfalls nur in ge-

ringen Grenzen.[1]) Sonach scheint der Schluß gerechtfertigt zu sein, daß, wenn auch bei jener Methode der Stärkebestimmung ein Theil der Pectinstoffe mit in Lösung gehen, und, wenn nicht durch Bleiessig entfernt, auf die Kupferlösung in ähnlicher Weise einwirkt, wie die von der Stärke herrührenden Zersetzungsprodukte, dieser Antheil doch verhältnißmäßig ein so geringer ist, daß er als unwesentlich vernachlässigt werden kann.

Vom Referenten wird beabsichtigt, das Verhalten der Pectinstoffe in dieser Beziehung noch einer weiteren Prüfung zu unterziehen, gleichwohl aber geben obige Zahlen die Berechtigung zu der Annahme, daß die in vorliegender Arbeit erhaltenen Daten für den Stärkegehalt der Kartoffeln durch die Anwesenheit von Pectinstoffen nicht wesentlich zu hoch ausgefallen sein können.

Die Resultate der Methode, bei der die Aufschließung der Stärke durch Diastase bewirkt wird, erscheint somit nach allen Richtungen hin als maßgebend und wenn sie auch in Folge ihrer langwierigen Ausführung und der während derselben unausgesetzt nothwendigen Sorgfalt auf den ersten Anblick allerdings manches Abschreckende hat, so kann sie doch nicht anders denn als vollkommen richtig angesehen werden, da sie nicht nur in der Zu- und Vorbereitung der Substanz am meisten den wirklichen praktischen Verhältnissen entspricht, sondern auch in jedem Theile der Ausführung den strengsten Anforderungen der quantitativen Analyse gerecht wird. Sie dürfte daher für eine einfachere nur aufgegeben werden, wenn Letztere die Garantie gäbe, daß ihre Resultate mit denen Jener stets übereinstimmen würden.

Es ist demnach noch die Frage zu prüfen:

3. Wird durch unmittelbare Behandlung der Kartoffelsubstanz mit verdünnter Schwefelsäure wesentlich mehr an Stärkemehl erhalten, als dann, wenn nur der durch Diastase erhaltene Auszug mit Säure erhitzt wird?

I. Kartoffeln Nr. I. Die frischen Kartoffeln ergaben 33·8 pCt. lufttrockene Substanz.

1. Mit Malzextrakt behandelt.

a) 0·1 Grm. lufttrockene Substanz + Malzauszug = 0·2195 Grm. CuO
Malzauszug = 0·03773 „ CuO
Substanz = 0·18177 Grm. CuO
= 0·07416 Grm. Stärke
= 74·16 pCt. in der luftrockenen Substanz
= 25·07 pCt. in der frischen Substanz.

---

1) Nach Untersuchungen von Prof. Maercker kann allerdings von den Pectinstoffen der Kartoffel durch Erhitzen mit Wasser ein so großer Theil aufgelöst werden, daß dadurch der Stärkegehalt der frischen Kartoffelsubstanz bis zu 0·6 pCt. vermehrt erscheint, doch hatte dabei eine Erhitzung auf 120 Grad C. während 24 Stunden stattgefunden; es ist daher sehr wohl erklärlich, daß bei unserer nur ½ Stunde währenden Digestion in den Druckflaschen die Einwirkung eine bei Weitem geringere ist, ja eine verschwindende sein kann.

b) 0·096 Grm. lufttrockene Subst. + Malzauszug = 0·2125 Grm. CuO
Malzauszug = 0·03773 „ CuO
0·17477 Grm. CuO
= 0·071335 Grm. Stärke
= 74·30 pCt. in der lufttrockenen Substanz,
= 25·11 pCt. in der frischen Substanz.

2. Mit Schwefelsäure direkt behandelt.

a) 1·224 Grm. mit Schwefelsäure erhitzt, auf 500 Cc. aufgefüllt, davon 60 Cc.
0·1469 Grm. = 0·284 Grm. CuO = 0·11592 Grm. Stärke
= 78·91 pCt. Stärke in der lufttrockenen Substanz,
= 26·69 pCt. in der frischen Substanz.

b) 1·0655 Grm. wie oben auf 500 Cc., davon 60 Cc.
0·12786 Grm. = 0·245 Grm. CuO = 0·100 Grm. Stärke.
= 78·21 pCt. Stärke in der lufttrockenen Substanz,
= 26·43 pCt. Stärke in der frischen Substanz.

II. Kartoffeln Nr. II. Die frischen Kartoffeln ergaben 25·50 pCt. lufttrockene Substanz.

1. Mit Malzauszug behandelt.

a) 0·12 Grm. lufttrockene Substanz + Malzextrakt = 0·25750 Grm. CuO
Malzextrakt allein = 0·04525 „ CuO
0·21225 Grm. CuO
= 0·08663 Grm. Stärke
= 72·19 pCt. Stärke in der lufttrockenen Substanz,
= 18·41 pCt. Stärke in der frischen Substanz.

b) 0·12 Grm. Substanz + Malzextrakt = 0·2605 Grm. CuO
Malzextrakt allein = 0·04525 „ CuO
0·21525 Grm. CuO
= 0·08784 Grm. Stärke
= 73·20 pCt. in der lufttrockenen Substanz,
= 18·67 pCt. in der frischen Substanz.

2. Mit Schwefelsäure behandelt.

a) 1·177 Grm. auf 500 Cc., davon 60 Cc.
0·1412 Grm. = 0·2695 Grm. CuO = 0·1100 Grm. Stärke,
= 77·90 pCt. Stärke in der lufttrockenen Substanz,
= 19·86 pCt. Stärke in der frischen Substanz.

b) 1·129 Grm. wie oben.
0·1355 Grm. = 0·260 Grm. CuO = 0·10612 Grm. Stärke,
= 78·32 pCt. Stärke in der lufttrockenen Substanz,
= 19·97 pCt. Stärke in der frischen Substanz.

Diese Beispiele zeigen deutlich, daß durch das direkte Erhitzen der Substanz mit 1 prozentiger Schwefelsäure bei 115—120 Grad C. regelmäßig ein bedeu-

tend höheres Resultat erzielt wird, als dann, wenn vor dem Behandeln mit Schwefelsäure der durch Digeriren mit Malzextrakt unberührt gelassene Rückstand abgeschieden ist. Der Unterschied in den Resultaten ist so beträchtlich, daß er nicht nur, auf die trockene Substanz bezogen, sehr in die Augen fallend ist, sondern auch noch, auf die frische ursprüngliche Kartoffelsubstanz umgerechnet, mehr als 1 pCt. derselben beträgt.

Dies ist nur dadurch zu erklären, daß durch eine solche Behandlungsweise Bestandtheile der Kartoffeln angegriffen werden, die nicht Stärke sind, jedenfalls Cellulose und Pectinstoffe.

Um über den Umfang dieser Wirkung noch mehr Klarheit zu erhalten, wurde in einem Falle der durch Digeriren mit Malzauszug gebliebene Rückstand gesammelt, vollständig mit warmem Wasser ausgewaschen und dann mit einprozentiger Schwefelsäure bei gegen 120° C. erhitzt.

Es waren 5 Grm. Kartoffelpulver mit 100 Cc. Malzextrakt digerirt worden: die Menge des Rückstandes betrug 0·540 Grm. (worin allerdings die aus dem Malzauszug herrührenden koagulirten Eiweißstoffe mit inbegriffen sind).

Von diesem Rückstand wurden 0·346 Grm. mit SO^3 wie oben erhitzt, auf 100 Cc. aufgefüllt, und in 40 Cc. der Zucker bestimmt.

Es ergaben 40 Cc. entsprechend 0·1384 Grm. Rückstand: 0·1095 Grm. CuO = 0·04469 Grm. Stärke, entsprechend

= 32·29 pCt.

ebenso 40 Cc. = 0·1065 Grm. CuO = 0·04347 Stärke, entsprechend

= 31·41 pCt.

Der Rückstand verhält sich also der Schwefelsäure gegenüber so, als ob er im Mittel zu 31·85 pCt. aus Stärke bestände, es wird also auf solche Weise aus der lufttrockenen Substanz

3·44 pCt.

mehr als Stärke bestimmt, als nach der anderen Methode, das macht in diesem Falle (die Substanz war von Kartoffel Nr. I mit 33·8 pCt. lufttrockener Substanz)

1·16 pCt. von der frischen Kartoffel,

was ziemlich mit den obigen Resultaten übereinstimmt.

Ferner wurden 0·207 Grm. trockene Rohfaser, die auf die übliche Weise aus dem Kartoffelpulver dargestellt war, mit Schwefelsäure, wie oben erhitzt, ebenfalls auf 100 Cc. aufgefüllt und davon 40 Cc. zur Bestimmung verwandt:
es ergaben 40 Cc. entspr. 0·0828 Grm. Rohfaser = 0·017 Grm. CuO = 0·006939 Grm Stärke, ensprechend

= 8·38 pCt.

ebenso 40 Cc. = 0·018 Grm. CuO = 0·007347 Grm. Stärke, entsprechend

= 8·87 pCt.

Aus der bloßen Rohfaser wird also bedeutend weniger durch Erhitzen mit Schwefelsäure aufgelöst, als aus dem gesammten durch Digeriren mit Malzauszug erhaltenen Rückstand, ja der von diesem gelöste prozentige Antheil würde noch

größer sein, wenn er auf den reinen, aus der Kartoffelprobe herrührenden Rückstand bezogen werden könnte, und nicht wie oben auf den um das koagulirte Eiweiß des Malzextraktes vermehrten.

Zum allergrößten Theile müssen es also die Pektinstoffe sein, welche, der Umwandlung durch Diastaselösung widerstehend, durch Erhitzen mit Schwefelsäure so modifizirt werden, daß sie reduzirend auf die Kupferlösung einwirken.

Es giebt also nur die Methode der Behandlung mit Malzextrakt richtige Zahlen für den Stärkegehalt der Kartoffeln.

Die Behandlung nach dieser Methode geschah in folgender Weise: Eine bestimmte Gewichtsmenge der äußerst fein gepulverten Substanz, ungefähr 1·5 Grm., wurde mit ca. 50 Cc. Wasser eine halbe Stunde lang in verschlossenen Druckflaschen bei 115° C. im Paraffinbade erhitzt, bis die Stärke zu einer vollkommen gleichmäßigen durchscheinenden Masse aufgequollen war, um die nachherige Einwirkung der Diastase zu erleichtern.

Während des Erhitzens, namentlich zu Anfang desselben, müssen die Flaschen sehr häufig umgeschüttelt werden, da sich sonst das Stärkemehl auf dem Boden als fester Kuchen absetzt, der sich mit einer Schicht von gequollenener Stärke umgiebt und dann der vollständigen Aufquellung lange widersteht. Es empfiehlt sich, das Umschütteln durch gleichmäßiges Schwenken so zu bewerkstelligen, daß der auf die Flaschen aufgelegte Deckel nicht von der Substanz benetzt wird; der Verschluß der Flaschen besteht in aufgelegter Scheibe von Gummituch und darauf aufgeschraubter Glasplatte.

Nach Beendigung dieser Operation, und nachdem man hat erkalten lassen, werden 50 Cc. eines frisch bereiteten Malzauszuges zugesetzt, und die Flaschen nun unverschlossen in ein Wasserbad gestellt, worin sie unter sehr häufigem Umschwenken bei 65° C. so lange erhalten werden, bis sämmtliche Stärke verschwunden ist. Die Beendigung dieses Vorganges erkennt man daran, daß in Tropfen, die mittelst kleinen Pipetten aus den Flaschen nahe am Boden entnommen sind, unter dem Mikroskop noch Zusatz von Jodlösung nicht die geringste Blaufärbung mehr wahrzunehmen ist; diese Tropfen werden nach Beobachtung unter dem Mikroskop wieder von den Objektträgern in die entsprechenden Flaschen hineingespült. Um die Stärke vollständig, bis auf den letzten Rest aufzuschließen, muß das Digeriren immer einige Stunden fortgesetzt werden, selbst wenn noch so häufig umgeschüttelt wird.

Die allergrößte Sorgfalt erfordert die Bereitung und Gehaltsermittelung des Malzauszuges, denn da ein wässeriger Extrakt von Malz sich beim Stehenlassen schon im Laufe eines Tages zersetzt, so ist es nicht möglich, in demselben zuvörderst durch wiederholte Bestimmungen zu ermitteln, wie viel er von solchen Stoffen enthält, die nachher ebenfalls reduzirend auf die Kupferlösung einwirken, und erst dann, wenn dies unzweifelhaft feststeht, ihn zur Aufschließung der zu untersuchenden Substanzen zu verwenden. Die Gehaltsermittelung nimmt wenigstens die Zeit eines Tages in Anspruch, so daß also nach Beendigung derselben das

Material schon in einem solchen Zustande sein würde, daß es nicht mehr gebraucht werden könnte.

Es ist daher nicht anders möglich, als die Benutzung des Malzauszuges zur Aufschließung der Proben und die Ermittelung seines Gehaltes an reduzirenden Stoffen gleichzeitig neben einander auszuführen.

Der Auszug wurde so erhalten, daß 100 Grm. eines guten, an der Luft getrockneten und dann geschrotenen Malzes in einem Literkolben mit Wasser übergossen und unter häufigem Umschütteln 2 Stunden stehen gelassen wurden: hierauf wurde die Flüssigkeit zweimal durch ein doppeltes Filter abfiltrirt, so daß eine ganz klare Lösung resultirte.

Um ganz unzweifelhaft den Verhältnissen entsprechende Resultate zu erhalten, ist zum Zwecke seiner Gehaltsermittelung der Malzauszug ganz analog behandelt worden, wie die übrigen zu untersuchenden Proben resp. der zu denselben zugesetzte Extrakt. Es wurden daher zunächst in dasselbe Wasserbad von 65° Wärme neben jene Flaschen, welche die Substanz, versetzt mit 50 Cc. Malzextrakt, enthielten, zwei Flaschen aufgestellt mit je 25 Cc. jenes Extraktes allein, die dann ebenso lange darin blieben wie jene.

Nach vollständiger Aufschließung der Stärke in den Proben besteht der Inhalt der Flaschen aus einer klaren Flüssigkeit und einem beim Umschütteln sich immer sehr schnell absetzenden Suspensum, das allerdings verhältnißmäßig voluminös, aber seiner Masse nach sehr gering ist, und das aus namentlich vom Malzextrakt herrührendem, koagulirtem Eiweiß und den Ueberresten der Kartoffel (Cellulose, unlöslichen Pektinstoffen ꝛc.) besteht.

Von jenem Rest muß die Lösung getrennt werden, ehe durch Schwefelsäure die vollständige Invertirung in Traubenzucker geschehen kann, denn gerade die Berührung der Schwefelsäure mit jenen durch die Diastase unverändert gelassenen Stoffen sollte durch die vorherige Behandlung mit Malzextrakt vermieden werden.

Der gesammte Inhalt der Flaschen wird nun, nach schnellem Erkalten, auf 250 Cc. aufgefüllt und filtrirt. Die Flüssigkeit muß schnell und vollkommen klar filtriren, geschieht dies nicht, so ist das ebenfalls schon ein Anzeichen dafür, daß die vorherige Umwandlung der Stärke keine vollständige gewesen ist.

Von dem Filtrat werden 50 Cc. zusammen mit 20 Cc. einer 5prozentigen Schwefelsäure wieder in die Druckflasche eingeschlossen, in das Paraffinbad übergeführt und dort 5 Stunden lang bei 115—120° C. erhitzt. Die Menge der Schwefelsäure ist also so bemessen, daß nach Zusatz derselben die Flüssigkeit ca. $1\frac{1}{4}$ pCt. davon enthält.

Die mit Malzextrakt allein beschickten Flaschen enthalten keine von Schwefelsäure angreifbaren ungelösten Stoffe, es kann also in dieselben der Zusatz von Schwefelsäure direkt geschehen, und wenn man, wie vorhin bemerkt, in dieselben 25 Cc. eingefüllt hatte, und nun noch 25 Cc. Wasser nebst ebenfalls 20 Cc. jener Schwefelsäure hinzuthut, so erhält man eine Flüssigkeit von ungefähr gleichem Zuckergehalt als in den anderen Flaschen. Diese werden dann zu den übrigen in

das Paraffinbad gestellt und ebenso lange erhitzt. Man hat also nun in den Flaschen, bei anfänglicher Verwendung von 1·5 Grm. Kartoffelpulver, den Zucker, welcher aus 0·3 Grm. Substanz + 10 Cc. Malzauszug resultirt, während in denen mit Malzextrakt allein sich der Zucker von 25 Cc. desselben befindet.

Die Erhitzung mit Schwefelsäure darf nicht 120° C. übersteigen, da über diese Grenze hinaus durch Karamelisirung des Zuckers Verluste eintreten.

Hiermit sind die Substanzen so weit vorbereitet, daß durch Behandeln mit alkalischer Kupferlösung die Dextrose bestimmt werden kann.

Auch diese, obgleich stark sauren Zuckerlösungen, zersetzen sich beim Stehen an der Luft sehr schnell, während sie in den noch uneröffneten Druckflaschen eine längere Aufbewahrung vertragen; sie müssen daher, wenn einmal aus den Flaschen herausgebracht, möglichst schnell verarbeitet werden, und es kann aus demselben Grunde meistens nicht, wenn die Bestimmungen des reduzirten Kupferoxyduls in den zuerst entnommenen Theilen der Flüssigkeit nicht genügen, von derselben Lösung eine sichere Bestimmung wiederholt werden.

Es empfiehlt sich, solche Mengen von den Zuckerlösungen zur endlichen Bestimmung zu verwenden, daß bei der Operation ca. 0·2 Grm. Kupferoxyd resultirt, das wird erreicht, wenn der Inhalt sämmtlicher Flaschen, sowohl derer, welche Kartoffelsubstanz + Malzextrakt, als auch derer, welche letzteren allein enthalten, wiederum auf 250 Cc. aufgefüllt, und von dem Filtrat eine abgemessene Menge von 50 Cc. mit alkalischer Kupferlösung behandelt wird.

Diese 50 Cc. entsprechen also bei den von den Kartoffelproben herrührenden Lösungen einer Menge von 0·06 Grm. lufttrockenen Kartoffeln + 2 Cc. Malzextrakts, bei den von Malzauszug allein herrührenden, einer Menge von 5 Cc. des ursprünglichen Malzextrakts.

Die Kupferlösung wird nach Fehling's Vorschrift bereitet aus reinem, sorgfältig umkrystallisirtem, schwefelsaurem Kupfer, kaustischem Kali und Seignette-Salz (weinsaurem Kalium-Natrium), doch so, daß die Lösungen dieser Substanzen nicht vereinigt, sondern getrennt aufbewahrt werden, da die gesammte Fehling'sche Lösung bei längerer Aufbewahrung sich selbst reduzirt und dadurch nachher die Resultate zu hoch ausfallen läßt.

Es wurden 34·632 Grm. schwefelsaures Kupfer in einem Liter Wasser gelöst, und in einem anderen 125 Grm. Kalihydrat + 173 Grm. Seignettesalz, und von diesen beiden getrennt gehaltenen Lösungen wurden zu jeder Bestimmung 25 Cc. benutzt.

Damit wurden jene 50 Cc. Zuckerlösung ½ Stunde lang im Wasserbade gekocht, dann durch einen kräftig wirkenden Saugapparat so schnell als möglich abfiltrirt und mit heißem Wasser ausgewaschen.

Das Filtriren und Auswaschen muß namentlich beschleunigt werden, so lange auf dem Filter noch stärkere alkalische Reaktion vorhanden ist, da sich das abzuscheidende Kupferoxydul bei längerer Dauer der Operation auf dem Filter leicht oxydirt, und das so entstandene Oxydhydrat theilweise in der alkalischen Flüssigkeit

sich auflöst. Die Bestimmungen sind immer um so richtiger geworden, je schneller die Filtration verlaufen ist.

Wegen der Unbeständigkeit des Kupferoxyduls kann dasselbe auch nicht als solches gewogen, sondern muß zuvor vollständig in Kupferoxyd umgewandelt werden. Das geschieht dadurch, daß nach dem Verbrennen des Filters im Platintiegel, in denselben soviel Salpetersäure hinzugesetzt wird, daß beim nachherigen Erwärmen das Kupfer vollständig gelöst wird. Ein bloßes Befeuchten des Kupferoxyduls mit Salpetersäure, das die Operation um Vieles abkürzen und erleichtern würde, genügt nicht, sondern läßt im Innern der Masse in der Regel einen nicht oxydirten rothen Kern übrig bleiben.

Durch diesen größeren Zusatz von Salpetersäure und die Nothwendigkeit dieselbe dann im Platintiegel wieder einzudampfen, ist wiederum ein Punkt gekennzeichnet, der die äußerste Sorgfalt erfordert, und, wenn dieselbe nicht angewandt wird, die Veranlassung werden kann, daß noch zuletzt die ganze Bestimmung mißglückt. Beim Zusatz der Salpetersäure entwickelt sich in heftiger Reaktion Untersalpetersäure, die sehr leicht zum Verspritzen Veranlassung geben kann, es mußte daher der Zusatz bei nur wenig gelüftetem Deckel des Platintiegels vermittelst einer feinen Pigette geschehen: Der Tiegel wurde dabei auf eine Glasplatte gestellt, um die geringste Verspritzung zu bemerken.

Das nun folgende Eindampfen der Säure im Tiegel geschah im ersten Stadium ebenfalls auf einer reinen Glasplatte, welche auf ein Sandbad aufgelegt war, das durch eine sehr kleine Flamme erwärmt wurde. Auf solche Weise wurde in den allermeisten Fällen jede Verspritzung vermieden, oder wenn eine solche dennoch trotz aller Sorgfalt stattgefunden, so konnte sie jedesmal bemerkt, und die betreffende Bestimmung ausgeschlossen werden. Auf dieser Glasplatte wurde die Substanz bis zur Trockne eingedampft, d. h. bis zur Bildung von krystallinischem, blauem, wasserhaltigem, salpetersaurem Salz.

In diesem Stadium wurde der Tiegel auf eine größere (25 Centim. im Quadrat haltende, ca. 1 Centim. starke) Eisenplatte, welche durch eine unter ihrem Mittelpunkte aufgestellte Flamme erwärmt wurde, übergeführt, so zwar, daß er zuerst am Rande derselben aufgestellt, und nach und nach gegen die heißere Mitte zu vorgerückt wurde, um ein allmäliges Wegschweelen der Salpetersäure zu bewerkstelligen, da die geringste Beschleunigung der Zersetzung jedesmal von Verlusten begleitet war.

Während zu Anfang des Erwärmens, so lange bis die Auflösung des Kupferoxyduls vollendet war, der Deckel vollständig dicht aufgelegt blieb, wurde er während der ganzen Dauer des Eindampfens etwas zurückgeschoben, um den entweichenden Dämpfen ungehinderten Austritt zu gestatten. Wenn aber zu Ende der Operation am Deckel eine einigermaßen bemerkenswerthe Menge von schwarzem Kupferoxyd haftete, so war die Zersetzung eine zu sehr beschleunigte gewesen, und die Bestimmung konnte nicht als maßgebend betrachtet werden.

Durch die Erhitzung auf der Eisenplatte gelang die Zersetzung des salpetersauren Salzes soweit, daß sich zunächst grünes basisches salpetersaures Kupfer-

oxyd bildete, das sich dann schon, wenn der Tiegel am heißesten Punkte der Platte sich befand, zu schwärzen begann.

Von da an konnte die weitere Behandlung über der freien Flamme geschehen; dieselbe wurde zuerst klein und in einiger Entfernung vom Boden des Tiegels angebracht, nach und nach vergrößert und näher gerückt, bis schließlich der Tiegel eine kurze Zeit geglüht wurde, um alle Salpetersäure zu entfernen.

Aus dem Gewicht des dadurch zurückgebliebenen Kupferoxyds konnte nun die Menge der Dextrose resp. der Stärke berechnet werden. Da ein Molekül Dextrose 5 Mol. Kupferoxyd reduzirt, so entspricht auch, da ein Mol. Dextrose aus 1 Molekül Stärke entstanden ist, 1 Molekül Stärke 5 Molekülen Kupferoxyd

oder 162 Gewichtstheile Stärke = 3·97 Gewichtstheile Kupferoxyd

" 1 " " = 2·45 " "

Die Gewichtsmenge des Kupferoxyds wäre also nur durch 2·45 zu dividiren, um die entsprechende Stärkemenge zu erhalten.

Es tritt jedoch noch ein Moment hinzu, wodurch verhindert wird, daß die gewogene Menge Kupferoxyd ohne Weiteres zur Berechnung der Stärke benutzt werden kann. Die alkalische Kupferlösung verhält sich gegen das Filtrirpapier, auf welchem der Niederschlag gesammelt wird, nicht indifferent, sondern sie greift einestheils dasselbe an, verbindet sich mit demselben, so daß es nicht gelingt, auch bei noch so langem Auswaschen die blaue Farbe vollständig zu entfernen, andererseits wirkt das Papier selbst etwas reduzirend auf die Lösung. Mithin ist vom Gewichte des Tiegelinhaltes nicht nur die Asche des Filtrums abzuziehen, sondern es ist für das betreffende Papier und die anzuwendende Lösung zu bestimmen, wie groß jene Einwirkung ist. Zu diesem Zwecke wurde dieselbe Menge Fehling'scher Lösung wie bei den Analysen, zusammen mit 50 Cc. destillirten Wassers gekocht, in derselben Weise wie dort filtrirt, das Filtrum ebenso verbrannt, der Rückstand mit Salpetersäure oxydirt und gewogen.

Es ergab sich dadurch, bei einem Aschegewicht des Filtrums von 0·0015 Grm. ein Gesammtrückstand von 0·0040 bis 0·0050 Grm. Gewicht. Dieses Gewicht mußte von dem des Tiegelinhaltes bei allen Analysen abgezogen werden, und erst der Rest war als von der Stärke herrührend in Betracht zu ziehen.

Nach dieser in allen ihren Theilen genau geprüften Methode wurden die Stärkebestimmungen ausgeführt.

Ausführung der Untersuchungen.

In den Tabellen II und III sind zunächst die auf die Ermittelung des spezifischen Gewichtes und des Trockensubstanzgehaltes der Kartoffeln bezüglichen Zahlen zusammengestellt.

Die Kartoffeln stammen aus den Jahren 1874 und 75 und sind unter den verschiedensten Verhältnissen gewachsen, nur die als von v. Gröling herrührend bezeichneten gehören zu einem von diesem Kartoffelzüchter bezogenen Sortiment, und sind daher jedenfalls auf demselben Boden und unter denselben Verhältnissen gezogen.

Zieht man dazu die schon erwähnten von Abesser in Kartoffelproben von 1872 und 1873 ausgeführten Trockensubstanzbestimmungen, so erhält man eine so große Anzahl von Daten, welche wohl geeignet ist, als Grundlage zum Aufsuchen einer Gesetzmäßigkeit zu dienen.

Zur besseren Uebersicht mögen die Abesser'schen Zahlen in aufsteigender Reihe aus der früheren Veröffentlichung noch einmal aufgeführt werden.

Nr.	Spezif. Gewicht.	Gefundener Trockengehalt.	Trockengehalt nach Balling's Tabelle.
1.	1·072	18·87	19·72
2.	1·081	20·79	21·83
3.	1·083	20·76	22·31
4.	1·092	21·81	24·46
5.	1·094	21·57	24·94
6.	1·094	22·31	24·94
7.	1·098	23·25	25·91
8.	1·098	23·93	25·91
9.	1·098	24·02	25·91
10.	1·099	23·68	26·15
11.	1·100	23·56	26·40
12.	1·101	24·44	26·64
13.	1·102	23·83	26·88
14.	1·102	23·88	26·88
15.	1·108	25·65	28·36
16.	1·108	25·99	28·36
17.	1·112	25·81	29·35
18.	1·113	26·19	29·60
19.	1·113	26·89	29·60
20.	1·113	28·06	29·60
21.	1·113	28·08	29·60
22.	1·115	26·97	30·10
23.	1·118	27·72	30·85
24.	1·119	28·04	31·10
25.	1·122	29·24	31·86
26.	1·127	29·58	33·13
27.	1·132	30·69	34·42
28.	1·140	32·89	36·50

Auffallend ist zunächst die Höhe, bis zu welcher die spezifischen Gewichte, namentlich nach den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit, Tab. II., emporsteigen: Gerade von den Kartoffeln, welche unmittelbar aus der Brennereipraxis, aus den renommirtesten Wirthschaften stammen, liegen die spezifischen Gewichte zum großen Theil oberhalb der Grenze, bis zu welcher die Balling'sche Tabelle geht, so von Zimmermann — Salzmünde, Nagel — Trotha, Sombart — Ermsleben, v. Eichel-Streiber — Eisenach, v. Helldorf — Baumersrode.

Auf der andern Seite bildet die Zahl 1·083 der Hauptsache nach die untere

Grenze, bis zu welcher das spezifische Gewicht der in diesen 4 Jahren untersuchten Kartoffeln im Allgemeinen heruntergeht; nur ganz vereinzelt ist ein solches von 1·072 vorgekommen, aber noch tiefer, bis zur unteren Grenze der Balling'schen Tabelle, 1·060, ist kein einziges heruntergegangen. Diese Erscheinung ist erklärlich, wenn man die mehr und mehr vergrößerte Sorgfalt in Betracht zieht, welche dem Anbau und der Züchtung der Kartoffeln nach und nach zugewandt worden ist, hervorgerufen durch die Ausdehnung des Brennereigewerbes, die es wünschenswerth machte, immer gehaltreichere Kartoffeln zu erhalten.

Schon aus diesem Grunde wäre eine Vervollständigung der bisher gebräuchlichen Tabelle nothwendig geworden, denn es mußte an und für sich fraglich sein, ob die Regel, nach welcher der Gehalt der Kartoffeln bei Zunahme der Dichte steigen sollte, auch für so hohe spezifische Gewichte, wie sie hiernach neuerdings nichts Seltenes sind, gelten könnte. Nach Balling nimmt der Trockensubstanzgehalt sowohl wie der Stärkegehalt für jede Vermehrung des spezifischen Gewichtes um ein Tausendstel, von Anfang bis zu Ende der Tabelle steigend zu und zwar um 0·22 bis 0·26 pCt.

Es sind daher in obiger Tabelle in der Rubrik für den dem spezifischen Gewichte entsprechenden Trockengehalt nach Balling oberhalb der Grenze von 1·131, wo jene Tabelle endigt, für je ein Tausendstel Zunahme der Dichte 0·26 pCt. Trockensubstanz hinzugerechnet.

Wichtiger aber sind die bedeutenden Differenzen zwischen den Trockengehalts-Angaben der Tabelle und der Analyse (s. Tabelle IV.). Allerdings beziehen sich, wie Balling selbst erklärt, seine Zahlen auf den Gehalt der lufttrockenen Substanz, aber Jedermann, der z. B. bei Berechnung von Futterrationen jene Tabelle zu Hülfe nimmt, zieht die Zahlen im besten Glauben so in Rechnung, als ob sie die wirkliche Trockensubstanz angäben, da in allen Tabellen über die Zusammensetzung von Futtermitteln die Angabe für den Trockengehalt sich auf wirkliche Trockensubstanz beziehen. Es ist daher ohne Zweifel sehr an der Zeit, diese irrthümliche Benutzungsweise der Zahlen als eine solche zu kennzeichnen und die Möglichkeit zu eröffnen, sich richtigerer Angaben zu bedienen.

Die erwähnten Differenzen nehmen von den geringeren zu den gehaltreicheren Kartoffeln hinauf im Durchschnitt zu; während beim spezifischen Gewicht 1·083 die Differenz zwischen angenommenem und wirklichem Trockengehalt nur ca. 2·5 beträgt, ist sie beim spezifischen Gewicht 1·156 auf nahezu 5 angewachsen, doch ist diese Zunahme keine stetige.

Am übersichtlichsten und klarsten läßt sich die Vergleichung durchführen, wenn man das Ganze graphisch darstellt: in ein Coordinatensystem die Zahlen für das spezifische Gewicht als Abscissen, die Prozentzahlen des Trockengehalts als Ordinaten einträgt (s. die Tafel).

Bei einer solchen graphischen Darstellung zeigt es sich, daß die Balling'schen Zahlen, weil die Differenzen zweier aufeinander folgenden nicht gleich bleiben, sondern von 0·22 bis 0·26 zunehmen, eine einfach gekrümmte Curve bilden, die sich aber einer geraden Linie außerordentlich nähert.

Das Verhältniß ist jedoch nicht so einfach, sondern, wenn man den geometrischen Ort für alle Punkte sucht, welche dem Durchschnitt der betreffenden analytischen Trockenbestimmungen entsprechen, so kommt man auf eine Curve, die zuerst bei den niedrigeren spezifischen Gewichten in deutlicher Krümmung flach ansteigt, dann sich steiler erhebt, sich eine Strecke lang einer geraden Linie sehr nähernd, um sich dann in ähnlicher umgekehrter Krümmung wie zu Anfang zu verflachen.

Das Vorhandensein einer solchen Curve, sowie der ungefähre Verlauf derselben ergeben sich unmittelbar bei Betrachtung der Lage, in welcher jene Punkte sich befinden: auch ohne mathematische Berechnung ist man im Stande, nach dem bloßen Augenmaß eine solche Curve zwischen den gegebenen Punkten so zu ziehen, daß nur äußerst wenige derselben um die Strecke, welche einem halben Prozent entspricht, davon abliegen.

Eine Ausnahme machen nur einige Zahlen der Abesser'schen Bestimmungen, doch liegen diese so weit außer aller Regel, daß man bei der Uebereinstimmung der so großen Anzahl der übrigen annehmen kann, entweder, daß die betreffenden Kartoffeln von ganz anormaler Beschaffenheit gewesen, oder da die Analysen keinen wesentlichen Unterschied in der Zusammensetzung der Trockensubstanz zeigen, gegenüber anderer, die eine normale Stellung einnehmen, daß bei den spezifischen Gewichtsbestimmungen sich Ungenauigkeiten eingeschlichen haben. Solche sind sehr wohl begreiflich, wenn man die besonderen Schwierigkeiten berücksichtigt, welche mit einer genauen spezifischen Gewichtsbestimmung der Kartoffeln verbunden sind; als eine der verhängnißvollsten erweist sich namentlich das Anhängen von Luft in den Keimaugen und an der rauhen Schale der Kartoffeln; auch daß die Lufthaltigkeit der verschieden starken Korkschicht Irregularitäten bewirken kann, ist naheliegend. Derartige, wenn auch geringe Ungenauigkeiten sind auch jedenfalls bei den übrigen Bestimmungen mit in Rechnung zu ziehen, um die allerdings verhältnißmäßig geringen Abweichungen der übrigen Zahlen von der Regel zu erklären.

Bevor näher darauf eingegangen wird, den Lauf jener Curve zu bestimmen, erscheint es zweckmäßiger, zunächst die Untersuchungen über den Stärkemehlgehalt der Kartoffeln darzulegen, um dann beider Beziehungen zum spezifischen Gewicht gemeinsam behandeln zu können.

Es konnten natürlich nicht alle Proben, deren Trockengehalt bestimmt worden war, der so schwierigen Untersuchung auf Stärkemehl unterworfen werden, sondern es wurde eine Anzahl ausgewählt, von den niedrigsten bis zu den höchstwerthigen, auch mehrere von Kartoffeln mit gleichem spezifischen Gewichte herrührend, sowie solche, die von der Trockengehaltscurve abweichen (doch nicht von jenen zu regellos sich davon entfernenden), und von dieser beschränkten Anzahl wurde die Stärke auf jene oben beschriebene Weise ermittelt.

Die Untersuchungen sind in Tabelle V. zusammengestellt.

Die Differenzen zwischen den durch die Analyse gefundenen Stärkegehalts-

zahlen und denen der Tabelle sind noch überraschender, als die betreffenden Differenzen in den Trockengehalts-Angaben (s. Tabelle VI.).

Während für Kartoffeln von niedrigerem spezifischem Gewicht die Zahlen der Tabelle zu niedrig sind, sind sie bei höheren spezifischen Gewichten bedeutend zu hoch, so daß bei Kartoffeln vom spezifischen Gewichte 1·156 der wirkliche Stärkegehalt um mehr als 3 pCt. unterhalb der Angabe der Tabelle zurückbleibt[1]).

Der Stärkegehalt steigt also im Durchschnitt viel langsamer bei Zunahme des spezifischen Gewichts, als in der Balling'schen Tabelle angenommen wird; nach derselben würde dem spezifischen Gewicht 1·072 ein Stärkegehalt von 12·22 pCt., dem spezifischen Gewicht 1·156 ein solcher von 32·49 pCt. entsprechen, er würde sich also innerhalb dieser Grenzen um 20·27 pCt. erheben, während er in Wirklichkeit nur um 29·39 — 14·52 = 14·87 pCt. steigt. Die Grenzen, innerhalb deren sich der Stärkegehalt der Kartoffeln bewegt, sind also engere, als bisher angenommen wurde.

Das kennzeichnet sich schon in der Menge Stärke, welche bei den Kartoffeln von verschiedener Dichte in der Trockensubstanz enthalten ist. Nach der Balling'schen Tabelle wäre:

Spezif. Gewicht.	Trocken-Gehalt.	Stärke-Gehalt.	Gehalt der Trockensubstanz an Stärke.	Gehalt der Trockensubstanz an Stoffen außer Stärke.
1·083	22·31	14·73	66·02	33·98
1·131	34·16	26·24	76·81	23·19
1·156	40·66	32·49	79·90	20·10

Die Trockensubstanz würde also bei Kartoffeln von höherem spezifischen Gewichte zu einem bei weitem größeren Theile aus Stärke bestehen, als bei weniger dichten Kartoffeln. Damit hängt natürlich zusammen, daß die Kartoffeln bei zunehmender Dichte relativ immer ärmer an den übrigen Stoffen (Faserstoff ꝛc.) würden, d. h. in der frischen Substanz würde bei Zunahme des spezifischen Gewichts hauptsächlich der Gehalt an Stärke wachsen, während die Menge der übrigen Stoffe viel eher die Tendenz habe, konstant zu bleiben. Die Balling'sche Tabelle nimmt denn auch vom niedrigeren zum höheren spezifischen Gewichte empor zwischen Trockensubstanz und Stärke fortwährend nahezu dieselbe Differenz an, so z. B.

Spez. Gew.	Trockengehalt.	Stärkegehalt.	Differenz.
1·083	22·31	14·73	7 58
1·131	34·16	26·24	7·92
1·156	40·66	32·49	8·17

so daß vom spezifischen Gewicht 1·083 bis zu 1·156, innerhalb welcher Grenzen der Stärkegehalt sich mehr als verdoppeln soll, die Menge der übrigen Stoffe nur

1) Auch hier ist die Tabelle in ähnlicher Weise wie bei der Trockensubstanz ergänzt gedacht und zwar, da die Stärkegehaltszahlen zuletzt für die Zunahme eines jeden Tausendstel im spezifischen Gewichte um 0·25 pCt. wachsen, so, daß auch für jedes weitere Tausendstel beim spezifischen Gewicht die Stärkegehaltsangabe um 0·25 pCt. vermehrt worden ist.

um 0·59 pCt. steigt. Ebenso hält es Pohl bei Aufstellung seiner Formeln zur Berechnung des Gehaltes der Kartoffeln bei bestimmten spezifischen Gewichten für selbstverständlich, daß die Differenz zwischen Trocken- und Stärkegehalt immer konstant bleibt.

Das würde so viel heißen, daß bei allen, auch den verschiedensten Kartoffeln der Zellstoff, die Eiweiß- und Pectinstoffe, die anorganischen Salze ꝛc. stets in gleicher Menge vorhanden wären, so daß also die gesammte Beschaffenheit der Zellmembranen nebst deren Inhalt unter allen Umständen gleich bliebe, und daß nur die Menge der eingelagerten Stärke verschieden wäre.

Das erscheint unwahrscheinlich genug, es läßt sich von vorn herein wohl vermuthen, daß mit zunehmender Dichte der Kartoffeln nicht nur die Zellen reichlicher mit Stärkekörnern angefüllt sind, sondern daß die Beschaffenheit überhaupt eine andere wird, daß auch der Zellstoff und die übrigen Bestandtheile der Kartoffeln in anderer Menge auftreten.

Diese Vermuthung wird bestätigt durch die Daten der vorliegenden Untersuchung. Allerdings variirt nach derselben der Gehalt der Trockensubstanz an Stärke ebenfalls und nimmt im Allgemeinen bei Erhöhung des spezifischen Gewichtes zu, so daß also darnach die Menge der übrigen Stoffe bei zunehmender Dichte auch nicht in demselben Verhältniß wächst. Aber das geht doch nicht so weit, daß diese Menge für alle Kartoffeln fast absolut gleich bliebe. Die Zunahme des Stärkegehaltes, bezogen auf die gesammte Trockensubstanz, hält sich in viel engeren Grenzen, und die Differenz zwischen Trocken- und Stärkegehalt, also der Gehalt an den übrigen Bestandtheilen außer Stärke, nimmt mit wachsendem spezifischem Gewichte zu:

Spez. Gew.	Trockengehalt.	Stärkegehalt.	Differenz.
1·083	19·84	15·79	4·05
1·156	35·68	29·39	6·29

Also innerhalb derselben Grenzen, zwischen welchen nach der Balling'schen Tabelle eine Zunahme von 0·59 pCt. stattfinden sollte, zeigt sich eine solche von 2·24 pCt., also nahezu die vierfache von jener.

Wenn der Gehalt der übrigen Stoffe außer Stärke immer konstant bliebe, die Zunahme der Trockensubstanz also nur auf der Vermehrung des Stärkegehaltes beruhte, so würde selbstverständlich die Zahlenreihe, welche das Aufsteigen des prozentischen Gehaltes an Stärke mit den spezifischen Gewichten der Kartoffeln ausdrücken sollte, vollständig parallel verlaufen mit den Trockengehaltsangaben; ebenso deutlich ist aber, daß, wenn der Gehalt der übrigen Bestandtheile ebenfalls wächst, die Reihe der Stärkezahlen sich von dem parallelen Verlauf mit der Reihe der Trockengehaltszahlen um die Größe entfernt, um welche das Wachsthum der Menge jener Stoffe stattfindet.

Dieses Verhältniß prägt sich wieder am anschaulichsten aus, wenn man, wie es bei den Zahlen für die Trockensubstanz geschah, auch die Zahlen für den Stärkegehalt nebst den spezifischen Gewichten durch Eintragen in ein Coordinatensystem graphisch darstellt. Auch hier liegen die Punkte, welche man er-

hält, dadurch, daß man die Zahlen für die spezifischen Gewichte als Abscissen, die Prozentzahlen des Stärkegehaltes als Ordinaten annimmt, zum großen Theil vollständig, im Uebrigen sehr annähernd auf einer Linie, deren Verlauf eine Curve von ähnlicher Beschaffenheit darstellt, wie jene für die Trockensubstanzzahlen. Beide Curven würden jedenfalls vollständig parallel mit einander verlaufen, wenn sich die Stärkecurven nicht, wie oben darzulegen versucht wurde, um die dort gekennzeichnete Größe von ihrem mit der Trockensubstanzcurve parallelen Laufe entfernen müßte.

Die betreffenden Punkte nähern sich hier der Linie noch viel regelmäßiger, als die für den Trockengehalt, so daß man, wenn die Ordinaten dieser Curve als der Stärkegehalt der Kartoffeln von solchem spezifischen Gewichte, wie die Abscissen angeben, gesetzt werden, nicht zu befürchten braucht, einen wenigstens für praktische Verhältnisse nennenswerthen Fehler zu begehen.

Am auffallendsten ist es, daß beide Linien überhaupt Curven sind, daß also nicht in demselben fortschreitenden Verhältniß, wie das spezifische Gewicht zunimmt, auch der Trocken- und Stärkegehalt wächst und umgekehrt. Die Kartoffelsubstanz besteht aus Wasser, einer Reihe von organisirten Substanzen und einer geringen Menge unorganischer Stoffe; da nun die organischen Bestandtheile immer zum allergrößten Theile aus ein und demselben Stoffe, der Stärke, bestehen, der übrige Theil dagegen zurücktritt, auch jedenfalls mit dem Stärkemehl sehr annähernd dasselbe spezifische Gewicht hat, die unorganischen Stoffe aber ihrer verhältnißmäßig geringen Menge halber das spezifische Gewicht kaum beeinflussen, um so weniger, da ihre Menge nur in äußerst engen Grenzen variirt, so müßte, wenn weiter keine Stoffe als jene in Betracht kämen, dieselbe Zu- oder Abnahme an Trockensubstanz auch immer dieselbe Veränderung im spezifischen Gewichte hervorbringen, die Zunahme müßte daher eine mit der Zunahme des spezifischen Gewichts vollständig übereinstimmende und stetige sein; die Punkte für die Zahlen müßten also im Coordinatensystem auf einer geraden Linie liegen. Da sie aber so regelmäßig und weit, namentlich gegen die obere und untere Grenze zu, sich davon entfernen, so muß noch ein anderes Moment hinzutreten, welches das spezifische Gewicht in entgegengesetzter Weise wie der Gehalt an Trockensubstanz beeinflußt. Es kann das nur der Luftgehalt sein; in allen Kartoffelknollen ist eine gewisse Menge Luft in den Zwischenzellräumen enthalten, die bei den Kartoffeln mittlerer Dichte für eine ziemlich lange Reihe von spezifischen Gewichten nahezu konstant bleibt. Nach der unteren Grenze aber muß diese Luftmenge sich nach und nach bedeutend vermehren, wodurch die Kartoffeln spezifisch leichter werden, als ihrem Trockengehalte entsprechen würde; das spezifische Gewicht sinkt daher schneller, als der Gehalt an Trockensubstanz. Nach der oberen Grenze dagegen erfährt dieser Luftgehalt eine entsprechende Verminderung, wodurch an dieser Stelle das spezifische Gewicht schneller steigt als der Trockengehalt.

Auf solche Weise läßt sich die Gestalt der Curve und die Art der Krümmung am einfachsten erklären.

Es kommt nun darauf an, den Lauf der beiden Curven zu bestimmen, um

in den Curvengleichungen einen Ausdruck zu bekommen, mit dessen Hilfe die Beziehung jedes spezifischen Gewichtes zum entsprechenden Trocken- und Stärkegehalt der Kartoffeln ausgedrückt werden kann.

Die Curven scheinen ihrer Form nach parabolische Curven, und zwar weil mit einem Wendepunkte in der Krümmung, solche dritter Ordnung zu sein, deren Gleichungen die Form haben:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$ [1])

In derselben bezeichnen also x das spezifische Gewicht, y für die Stärkegehaltscurve die dem spezifischen Gewicht entsprechenden Stärkeprozente, für die Trockengehaltscurve die Trockensubstanzprozente, während a, b, c und d für jede Curve zu bestimmende Constanten sind.

Diese Constanten sind für jede Curve gesondert mit Hilfe der gefundenen analytischen Zahlen auszurechnen in der Weise, daß für x und y Werthe, welche durch die Analyse gefunden worden, eingesetzt und aus 4 Gleichungen jene Unbekannten bestimmt werden. Der besseren Rechnung halber ist für x nicht die Zahl für das spezifische Gewicht selbst, sondern das spezifische Gewicht vermindert um 1 eingesetzt.

Zur Aufstellung der Gleichungen wurden je vier Bestimmungen ausgewählt, deren Punkte auf der Curve möglichst von einander entfernt lagen und möglichst deutlich die Hauptrichtungen der Krümmung bezeichneten. Allerdings wäre es noch genauer richtig gewesen, eine Art der Ausrechnung anzuwenden, welche gestattete, sämmtliche analytischen Zahlen zu berücksichtigen; da es aber in der eben erwähnten einfachen Weise gelang, Curvengleichungen zu bekommen, welche dem Durchschnitt sämmtlicher Bestimmungen so genau entsprachen, wie es nur gewünscht werden konnte, so wurde dieselbe beibehalten, mit der Erweiterung, daß die Constanten der Trockengehaltsgleichung zweimal aus verschiedenen Gleichungen ausgerechnet, und dann die Durchschnittszahlen zur Bildung der Curvengleichung benutzt wurden.

Diese Art der Behandlung kann nicht darauf Anspruch machen, eine exakte mathematische zu sein, doch würde eine solche dem vorliegenden Gegenstande überhaupt fern liegen, da eine absolut genaue Uebereinstimmung der Formel mit den analytischen Zahlen niemals erreicht werden kann. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, daß eine Formel, welche Zahlen giebt, die mit den Angaben der Analyse genügend übereinstimmen, ihrem Zwecke vollkommen entspricht.

Die Constanten für die Trockengehaltscurve wurden so zunächst aus folgenden vier Gleichungen bestimmt.

---

1) Die Annahme dieser Gleichung kann auf Grund des äußeren Aussehens der mit Hilfe der analytischen Zahlen gezeichneten Curve geschehen; wenn es dann gelingt, durch diese Formel Werthe zu erhalten, welche mit den Analysenbefunden hinreichend genau übereinstimmen, so ist es jedenfalls gerechtfertigt, das Gesetz für den Zusammenhang zwischen spezifischem Gewicht einerseits und Stärke- und Trockengehalt der Kartoffeln andererseits durch eine solche Curvengleichung zum Ausdruck zu bringen.

$$18{\cdot}87\ ^{1}) = a + 0{\cdot}072b + 0{\cdot}072^{2}c + 0{\cdot}072^{3}d$$
$$21{\cdot}09 = a + 0{\cdot}089b + 0{\cdot}089^{2}c + 0{\cdot}089^{3}d$$
$$32{\cdot}47 = a + 0{\cdot}139b + 0{\cdot}139^{2}c + 0{\cdot}139^{3}d$$
$$35{\cdot}68 = a + 0{\cdot}156b + 0{\cdot}156^{2}c + 0{\cdot}156^{3}d$$

Die Rechnung ergiebt für die unbekannten Constanten folgende Werthe:

$$a = 40{\cdot}24$$
$$b = -797{\cdot}08$$
$$c = 8686{\cdot}12$$
$$d = -24127{\cdot}26$$

Außerdem erfolgte die Berechnung noch aus folgenden vier Gleichungen:

$$19{\cdot}84\ ^{2}) = a + 0{\cdot}083b + 0{\cdot}083^{2}c + 0{\cdot}083^{3}d$$
$$23{\cdot}46\ ^{3}) = a + 0{\cdot}099b + 0{\cdot}099^{2}c + 0{\cdot}099^{3}d$$
$$32{\cdot}89\ ^{4}) = a + 0{\cdot}140b + 0{\cdot}140^{2}c + 0{\cdot}140^{3}d$$
$$35{\cdot}68 = a + 0{\cdot}156b + 0{\cdot}156^{2}c + 0{\cdot}156^{3}d$$

aus welchen die Werthe entstehen

$$a = 18{\cdot}02$$
$$b = -266{\cdot}56$$
$$c = 4660{\cdot}50$$
$$d = -14269{\cdot}40$$

Als Durchschnitt der auf diese Weise zweifach erhaltenen Constanten ergiebt sich:

$$a = 29{\cdot}13$$
$$b = -531{\cdot}82$$
$$c = 6673{\cdot}31$$
$$d = -19198{\cdot}33$$

so daß also die Curvengleichung gilt

$$y = 29{\cdot}13 - 531{\cdot}82x + 6673{\cdot}31x^{2} - 19198{\cdot}33x^{3}$$

oder da x das spezifische Gewicht s vermindert um 1 bedeutet, ist der Trockensubstanzgehalt für jedes spezifische Gewicht

$$Tr = 29{\cdot}13 - 531{\cdot}82\ (s - 1) + 6673{\cdot}31\ (s - 1)^{2} - 19198{\cdot}33\ (s - 1^{3})$$

In Tabelle VII. sind die mit Hülfe dieser Gleichung berechneten Werthe den durch die Analyse gefundenen Trockengehaltsangaben gegenübergestellt.

Es sind dabei zugleich die von Abesser herrührenden Bestimmungen mit eingereiht. Von den 72 Analysen, die vom Referenten ausgeführt sind, stimmen 23 bis zu zwei Zehntel mit der Berechnung überein, weitere 12 bis zu drei Zehntel, 10 bis zu vier Zehntel und 13 bis zu einem halben Procent, so daß also 58, das sind mehr als 80 Procent, von dem durch die Berechnung be-

1) Eine Abesser'sche Bestimmung, Nr. 11. der erwähnten Veröffentlichung. Zeitschrift des landw. Central-Vereins für die Provinz Sachsen u. s. w. 1874. S. 204.

2) Durchschnitt aus dem Gehalt von drei Proben: 19·89 — 19·75 — 19 89.

3) Durchschnitt aus 23·23 pCt. und der Abesser'schen Bestimmung Nr. 26; 23·68 pCt.

4) Abesser'sche Bestimmung Nr. 5. a. a. O.

stimmten Gehalt um weniger als 0·5 pCt. abweichen. Die übrigen 14 Bestimmungen differiren um mehr als 0·5 pCt., doch erreicht die Differenz niemals ein ganzes Procent. Von den Abesser'schen Bestimmungen weichen allerdings, wie schon erwähnt, einige sehr auffallend von der Regel ab, aber der größere Theil stimmt ebenfalls hinreichend genau mit der Berechnung überein.

Die Berechnung der Constanten für die Stärkegehaltscurve geschah aus folgenden Gleichungen:

$$14{\cdot}52 = a + 0{\cdot}072\,b + 0{\cdot}072^2\,c + 0{\cdot}073^3\,d$$
$$17{\cdot}60 = a + 0{\cdot}094\,b + 0{\cdot}094^2\,c + 0{\cdot}094^3\,d$$
$$25{\cdot}58 = a + 0{\cdot}132\,b + 0{\cdot}132^2\,c + 0{\cdot}132^3\,d$$
$$29{\cdot}39 = a + 0{\cdot}156\,b + 0{\cdot}156^2\,c + 0{\cdot}156^3\,d$$

Die daraus erhaltenen Constanten sind:

$$a = 33{\cdot}53$$
$$b = -734{\cdot}2$$
$$c = 8238$$
$$d = -23729$$

Curvengleichung:

$$y = 33{\cdot}53 - 734{\cdot}2\,x + 8238\,x^2 - 23729\,x^3$$

Gleichung zur Berechnung des Stärkegehaltes mit Hilfe des specifischen Gewichtes:

$$St = 33{\cdot}53 - 734{\cdot}2\,(s-1) + 8238\,(s-1)^2 - 23729\,(s-1)^3$$

Wenn an der Hand dieser Gleichung wiederum für die specifischen Gewichte, bei denen auch durch die Analyse Stärkebestimmungen ausgeführt worden sind, der Stärkegehalt berechnet wird, so ergiebt sich folgende Vergleichstabelle:

	Specif. Gewicht	Stärkegehalt nach der Analyse	Stärkegehalt nach der Berechnung	Differenz
1.	1·072	14·52	14·51	+ 0·01
2.	1·083	15·65	15·77	− 0·12
3.	1·083	15·16	15·77	− 0·61
4.	1·083	15·61	15·77	− 0·16
5.	1·083	15·95	15·77	+ 0·18
6.	1·085	16·07	16·07	—
7.	1·087	16·09	16·38	− 0·29
8.	1·092	17·16	17·23	− 0·07
9.	1·094	17·60	17·59	+ 0·01
10.	1·097	17·82	18·16	− 0·34
11.	1·097	18·43	18·16	+ 0·27
12.	1·098	18·54	18·36	+ 0·18
13.	1·102	19·24	19·16	+ 0·08
14.	1·102	19·08	19·16	− 0·08
15.	1·104	19·83	19·58	+ 0·25
16.	1·106	20·15	20·01	+ 0·14

	Specif. Gewicht.	Stärkegehalt nach der Analyse.	Stärkegehalt nach der Berechnung	Differenz.
17.	1·108	20·60	20·43	+ 0·17
18.	1·109	20·52	20·65	– 0·13
19.	1.110	20·83	20·86	– 0·03
20.	1·112	21·48	21·30	+ 0·18
21.	1·112	21·19	21·30	– 0·11
22.	1·113	21·76	21·52	+ 0·24
23.	1·113	21·49	21·52	– 0·03
24.	1·114	21·67	21·74	– 0·07
25.	1·116	22·22	22·18	+ 0·04
26.	1·119	22·43	22 83	– 0·40
27.	1·119	23·13	22·83	+ 0·30
28.	1·122	23·63	23·49	+ 0·14
29.	1·124	23·90	23·92	– 0·02
30.	1·125	24·04	24·13	– 0·09
31.	1·125	24·03	24·13	– 0·10
32.	1·126	24 05	24 34	– 0·29
33.	1·127	24·59	24·55	+ 0·04
34.	1·129	25·15	24·97	+ 0·18
35.	1·132	25·58	25·58	—
36.	1·135	25·87	26·17	– 0·30
37.	1·139	27·44	26·91	+ 0·53
38.	1·140	26·88	27·09	– 0·21
39.	1·142	27·73	27·44	+ 0·29
40.	1 146	27·99	28·09	– 0·10
41.	1·151	28·94	28·80	+ 0·14
42.	1·156	29·39	29·39	—

Von 42 Bestimmungen sind es sonach 29, die mit dem berechneten Gehalt bis auf 0·2 pCt. übereinstimmen, und noch weitere 9 weichen nur bis höchstens 0·3 pCt. ab, während nur 2 Bestimmungen um 0·31 – 0·40 pCt. und 2 um ca. ein halbes Procent von der Berechnung abweichen.

Die Uebereinstimmung der gefundenen mit den berechneten Zahlen ist somit sowohl bei dem Trockensubstanz- als auch bei dem Stärkegehalte ohne Zweifel eine so genügende, als unter den obwaltenden Verhältnissen, d. h. bei Anwendung einer so leicht mit Fehlern behafteten Methode der specifischen Gewichtsbestimmung und einer so peniblen und langwierigen Methode der Stärkebestimmung nur erwartet werden kann.

Die Frage also, ob eine Berechnung des Trocken- und Stärkegehaltes der Kartoffeln aus dem specifischen Gewichte derselben für die Praxis mit hinreichender Genauigkeit durchzuführen ist, kann bejaht werden. Ebenso aber muß auf das Entschiedenste betont werden, daß die Anwendung der Balling'schen Tabelle bei Beurtheilung des practischen Brennereibetriebes zu den verhängnißvollsten

Irrthümern Veranlassung geben kann, und solche sehr häufig schon hervorgerufen hat. Es ist eine sehr häufig gehörte Klage, daß, wenn in der Brennerei vorher stärkemehlarme Kartoffeln verarbeitet wurden, und dann stärkemehlreiche zur Verwendung kamen, daß dann die Ausbeute an Alkohol pro Kilo Stärke bedeutend sinkt.

Mit allen Mitteln wird dann häufig im Betriebe nach allen Seiten hin geprobt, um etwaigen Betriebsfehlern auf die Spur zu kommen, oder die Kartoffeln werden als von zu schlechter Beschaffenheit verworfen, während die niedere Ausbeute oft nur in der Zugrundelegung falscher Zahlen ihre Veranlassung hat. So verdankt namentlich die frühe Rosenkartoffel, eine sehr ertragreiche aber stärkemehlarme neue Kartoffelsorte, einen großen Theil ihres Rufes der Ansicht, daß sie sich außerordentlich vorzüglich verwerthe, indem sie pro Kilo Stärke bis 62 Literprocente Alkohol gebe.[1]) Bei Berechnung dieses Ertrages ist der Gehalt nach der Balling'schen Tabelle zu Grunde gelegt, der, da die Kartoffeln vielleicht 1·072 specifisches Gewicht haben, 12·22 pCt. beträgt: die 757·64 Literprocente Alkohol, die also aus 100 Kilo Kartoffeln erhalten worden sind, und die bei 12·22 pCt. Stärkegehalt 62 Procente pro 1 Kilo Stärke ausmachen würden, sind aber nicht aus 12·22 Kilo, sondern in Wirklichkeit aus 14·52 Kilo Stärke erhalten, das macht pro Kilo Stärke 52·2 Literprocente Alkohol.

Wenn auf der entgegengesetzten Seite aus sehr stärkemehlreichen Kartoffeln ein über alles Erwarten niedriger Ertrag an Alkohol erhalten wird, so wird auch das in sehr vielen Fällen seine Erklärung in der mangelhaften Kenntniß des Gehalts der Kartoffeln finden. Kartoffeln von 1·146 specifischem Gewicht, die nach der vervollständigten Balling'schen Tabelle 30·0 pCt. Stärke besitzen sollen, mögen z. B. 1470 Literprocente Alkohol pro 100 Kilo Kartoffeln, das ist nach der bisherigen Berechnung nur 49 Literprocente pro 1 Kilo Stärke geben; da sie aber bei diesem specifischen Gewicht nach der Analyse 28·0 pCt. Stärke führen, so beträgt jene Ausbeute pro 1 Kilo Stärke in Wirklichkeit 52·5 Literprocente. Also zwei Kartoffelsorten würden sehr wohl dieselbe Ausbeute geben, während die in vollständigem Vertrauen auf ihre Richtigkeit angewandte jetzige Berechnungsweise in dem einen Falle eine solche von 62, im andern nur eine solche von 49 Procenten erkennen ließ.

Kartoffeln von 1·156 spezifischem Gewicht, die nach Analyse 29·39 pCt. Stärke besitzen, würden in Wirklichkeit 54 Literprozente Alkohol pro 1 Kilo Stärke geben, während bei Zugrundelegung des angeblichen Gehaltes von 32·49 pCt. Stärke nach der Tabelle dieselbe Ausbeute nur 48·8 Literprozente ergäbe.

Es ist nun mit Hülfe jener Gleichungen der muthmaßliche Gehalt sowohl an Trockensubstanz als auch an Stärke für Kartoffeln bei den spezifischen Gewichten von 1·070 bis 1·160 berechnet.

Die Tabellen gelten zunächst nur für diese spezifischen Gewichte und können

1) Es soll durch obige Worte der anerkannte Werth der Rosenkartoffel nicht zu schmälern versucht werden, die Berechnung soll nur zur Illustration der Unrichtigkeit der bisher üblichen Berechnungsweise dienen.

auch nicht an der Hand der hier aufgestellten Gleichungen erweitert werden, da Kartoffeln von einem spezifischen Gewichte, das außerhalb dieser Grenzen liegt, möglicherweise einen solchen Gehalt an Trockensubstanz und Stärke besitzen, daß dadurch der Lauf jener konstruirten Curven in ihren Verlängerungen modifizirt werden würde. Da aber im Laufe der vier Jahre 1872—1875; obgleich eine so außerordentliche Menge von Kartoffelsorten, wie noch an keinem anderen Orte, aus den verschiedensten Gegenden zur Untersuchung vorlagen — außer jenen oben tabellarisch aufgeführten Proben wurden noch ca. 200 nur auf das spezifische Gewicht geprüft — keine Kartoffelprobe außerhalb dieser Grenzen untersucht werden konnte, so ist die Wahrscheinlichkeit nicht groß, daß es deren häufig giebt.

Die in diesen Tabellen aufgeführten Angaben sind freilich der Natur der Sache nach ebenfalls nur muthmaßliche, weil aus dem Durchschnitt einer immerhin beschränkten Anzahl von Bestimmungen erst durch Berechnung gewonnen, daß aber dieser muthmaßliche Gehalt mit der Wirklichkeit hinreichend genau übereinstimmt, um in der Praxis bei Ueberwachung des Brennereibetriebes zu Grunde gelegt werden zu können, ist oben schon hervorgehoben.

Um in besonderen Fällen den theoretisch genauen Gehalt einer besonderen Kartoffelprobe zu bestimmen, dazu reichen allerdings die Tabellen nicht aus, und werden dazu überhaupt schwerlich jemals genaue Tabellen mit Erfolg aufgestellt werden können, die den Stärke- und Trockengehalt der Kartoffeln mit dem spezifischen Gewichte in eine exakte und für alle Fälle richtige Beziehung setzen.

Das erste Erforderniß dazu würde sein, daß die spezifischen Gewichtsbestimmungen nach einer Methode ausgeführt würden, die jeden durch Anheften von Luftblasen und Eindringen von Wasser entstehenden Fehler vermeiden ließ, also vielleicht unter Anwendung von Oel oder Queckfilber und Zuhilfenahme einer Luftpumpe. Dann würde es aber ebenfalls nothwendig sein, daß dieselbe Methode der spezifischen Gewichtsbestimmung auch in jedem Falle bei Gebrauch einer auf solche Weise aufgestellten Tabelle zur Ausführung käme, da sonst bei Anwendung eines nicht ganz richtigen spezifischen Gewichtes auch eine theoretisch ganz genaue Tabelle keine richtigen Angaben liefern würde.

Da aber in der Praxis die Bestimmungen des spezifischen Gewichtes nicht anders als unter Wasser ausgeführt werden können, so wurde auch hier der Trocken- und Stärkegehalt auf die in solcher Weise erhaltenen spezifischen Gewichte zurückgeführt, und so mögen denn die Tabellen, die in dem Theile, der Anforderungen an die Ausführung in der Praxis stellt, in den Angaben der spezifischen Gewichte, sich vollständig an die dort gebräuchliche Methode anlehnen, während sie in dem Theile, welcher spezielle Daten enthält, auf den genauesten analytischen Untersuchungen beruhen, es versuchen, sich Anerkennung in der Praxis zu verschaffen, um die Kenntniß von der Zusammensetzung der Kartoffeln auf sichereren Grundlagen als bisher zu verbreiten.

Tabelle I.

Balling's Tabelle zur Bestimmung des Stärke- und Trockengehalts der Kartoffeln nach dem spezifischen Gewichte.

Spezifisches Gewicht.	Gehalt an Stärkemehl.	Gehalt an Trocken-substanz.	Spezifisches Gewicht.	Gehalt an Stärkemehl.	Gehalt an Trocken-substanz.
1·060	9·54	16·96	1·096	17·75	25·42
1·061	9·76	17·18	1·097	17·99	25·66
1·062	9·98	17·41	1·098	18·23	25·91
1·063	10·20	17·64	1·099	18·46	26·15
1·064	10·42	17·87	1·100	18·70	26·40
1·065	10·65	18·10	1·101	18·93	26·64
1·066	10·87	18·33	1·102	19·17	26·88
1·067	11·09	18·56	1·103	19·41	27·13
1·068	11·32	18·79	1·104	19·65	27·37
1·069	11·54	19·02	1·105	19·89	27·62
1·070	11·77	19·26	1·106	20·13	27·86
1·071	11·99	19·49	1·107	20·37	28·11
1·072	12·22	19·72	1·108	20·61	28·36
1·073	12·45	19·95	1·109	20·85	28·61
1·074	12·67	20·18	1·110	21·09	28·86
1·075	12·90	20·42	1·111	21·33	29·10
1·076	13·12	20·65	1·112	21·57	29·35
1·077	13·35	20·89	1·113	21·81	29·60
1·078	13·58	21·13	1·114	22·05	29·85
1·079	13·81	21·36	1·115	22·30	30·10
1·080	14·04	21·60	1·116	22·54	30·35
1·081	14·27	21·83	1·117	22·78	30·60
1·082	14·50	22·07	1·118	23·03	30·85
1·083	14·73	22·31	1·119	23·27	31·10
1·084	14·96	22·54	1·120	23·52	31·36
1·085	15·19	22·78	1·121	23·76	31·61
1·086	15·42	23·02	1·122	24·01	31·86
1·087	15·65	23·26	1·123	24·25	32·11
1·088	15·88	23·50	1·124	24·50	32·36
1·089	16·11	23·74	1·125	24·75	32·62
1·090	16·35	23·98	1·126	24·99	32·87
1·091	16·58	24·22	1·127	25·24	33·13
1·092	16·81	24·46	1·128	25·49	33·38
1·093	17·05	24·70	1·129	25·74	33·64
1·094	17·28	24·94	1·130	25·99	33·90
1·095	17·52	25·18	1·131	26·24	34·16

Tabelle II.

Uebersicht der Bestimmungen des specifischen Gewichtes.

Nr.	Bezeichnung der Kartoffeln.	Gewicht der Kartoffeln. Grm.	Menge des verdrängten Wassers. Cc.	Specifisches Gewicht.	Mittleres specifisches Gewicht.
1	Brownell's Beauty, v. Gröling	394·9	364·7	1·0828	
		394·8	364·7	1·0825	1·083
2	Extra Early Vermont, v. Gröling	570·6	526·9	1·0829	
		570·6	527·0	1·0827	1·083
3	Early Rose, Hecker-Althöfchen	1095·5	1011·3	1·0833	
		1096·1	1012·1	1·0830	1·083
4	Early Gem, v. Gröling	541·5	499·1	1·0849	
		541·2	499·0	1·0846	1·085
5	Late Rose, v. Gröling	621·4	571·9	1·0865	
		621·5	572·3	1·0859	1·086
6	Peerleß, v. Gröling	499·1	459·8	1·0855	
		499 1	459·7	1·0857	1·086
7	König der Frühen, v. Gröling	550·0	506·5	1·0859	
		550·0	506·5	1·0859	1·086
8	Weiße Rosenkartoffel, Haage u. Schmidt . . .	974·9	897·3	1·0865	
		974·8	896·8	1·0870	1·087
9	Frühe weiße Rosen, v. Gröling	501·7	460·7	1·0890	
		501·6	460·7	1·0888	1·089
10	Riesen-Sandkartoffel, v. Gröling	612·6	562·1	1·0898	
		612·9	562·4	1·0898	1·090
11	Lapstone Kidney, v. Gröling	489·4	448·7	1·0907	
		489·3	449·0	1·0898	1·090
12	Early Goodrich, v. Gröling	524·6	480·4	1·0920	
		524·6	480·3	1·0922	1·092
13	Weiße Amerikaner, v. Gröling	587·9	538·6	1·0915	
		587·8	538·1	1·0924	1·092
14	Sydowsauer, v. Gröling	535·2	490·1	1·0920	
		535·0	489·7	1·0925	1·092
15	Bouché's Sämling Nr. 1, v. Gröling	506·2	463·3	1·0926	
		506·5	463·5	1·0928	1·093
16	Garnet Chili, v. Gröling	530·1	484·6	1·0939	
		529·7	484·1	1·0942	1·094
17	Jackson white, v. Gröling	485·4	443·8	1·0937	
		485·4	443·2	1·0952	1·094
18	Early Rose, v. Gröling	493·6	451·0	1·0945	
		494·0	451·1	1·0951	1·095
19	Prolific, v. Gröling	363·8	332·1	1·0955	
		363·9	332·1	1·0958	1·096
20	Wachskartoffel, v. Gröling	485·4	443·1	1·0955	
		485·4	442·9	1·0960	1·096
21	Paterson's blaue Nieren, v. Gröling	526·8	480·8	1·0957	
		527·1	480 9	1·0961	1·096
22	Lercheneier, v. Gröling	511·4	466·9	1·0953	
		511·2	466·5	1·0958	1·096
23	Farinosa, Hecker-Althöfchen	1023·5	933·5	1·0964	
		1021·1	930·6	1·0972	1·097
24	Eye Carpenter, v. Gröling	382·0	348·4	1·0965	
		382·0	348·3	1·0968	1·097

Nr.	Bezeichnung der Kartoffeln.	Gewicht der Kartoffeln. Grm.	Menge des verdrängten Wassers. Cc.	Specifisches Gewicht.	Mittleres specifisches Gewicht.
25	Heiligenstädter, v. Gröling	510·8	465·7	1·0968	
		510·8	465·7	1·0968	1·097
26	Ashtop-Fluke, v. Gröling	386·5	351·5	1·0996	
		386·4	352·1	1·0974	1·098
27	Mammuth, v. Gröling	589·4	536·9	1·0978	
		589·4	536·7	1·0982	1·098
28	Blauschaalige Hummelshagner, v. Gröling	511·4	465·4	1·0988	
		511·4	465·8	1·0979	1·098
29	Lübbenauer, v. Gröling	501·7	456·6	1·0988	
		501·7	456·5	1·0990	1·099
30	Climax, v. Gröling	525·1	477·2	1·1004	
		525·0	477·3	1·0999	1·100
31	Weiße Speisekartoffel, Halle	588·4	534·9	1·1000	
		588·3	534·9	1·0998	1·100
32	Willard, v. Gröling	488·4	443·8	1·1005	
		488·1	443·6	1·1003	1·100
33	Riesen-Marmont, v. Gröling	755·1	685·6	1·1014	
		755·3	685·9	1·1012	1·101
34	Siebenhäuser, v. Gröling	509·0	462·6	1·1003	
		509·0	462·4	1·1008	1·101
35	Louisdor, v. Gröling	531·1	482·1	1·1016	
		530·8	481·8	1·1017	1·102
36	Compton's Surprise, v. Gröling	537·4	487·7	1·1019	
		537·7	487·9	1·1021	1·102
37	Bisquit, v. Gröling	506·1	458·8	1·1031	
		506·4	459·0	1·1033	1·103
38	Stolz von Chili, v. Gröling	502·8	455·6	1·1036	
		503·0	455·8	1·1036	1·104
39	Frühe blaue runde, v. Gröling	532·9	481·7	1·1063	
		532·9	481·7	1·1063	1·106
40	Amerikanische, Petsch-Gödewitz	996·5	901·5	1·1054	
		996·5	901·2	1·1057	1·106
41	Rothe Zwiebel, Hecker-Althöfchen	922·1	832·8	1·1072	
		922·3	833·4	1·1067	1·107
42	Weißfleischige Zwiebel, Schlanstadt	1202·9	1085·8	1·1081	
		1126·6	1016·3	1·1079	1·108
43	Rusticoat Pinkey, v. Gröling	552·5	498·1	1·1092	
		552·6	498·1	1·1094	1·109
44	Riofrio, v. Eichel-Strieber, Eisenach	688·3	619·9	1·1103	
		688·3	620·3	1·1096	1·110
45	Weiße Speisekartoffel, Petsch-Gödewitz	1081·4	973·5	1·1108	
		1081·4	973·7	1·1106	1·111
46	Red Skin Flourball, v. Gröling	540·9	486·5	1·1118	
		540·8	486·1	1·1125	
		540·7	486·3	1·1119	1·112
47	Blaue Rosenkartoffel, Haage u. Schmidt	1030·8	926·8	1·1122	
		1030·8	926·6	1·1124	1·112
48	Sächsische Zwiebel, v. Gröling	479·3	430·5	1·1134	
		479·3	430·5	1·1134	1·113
49	Bovinia, v. Gröling	673·8	603·6	1·1163	
		673·6	603·3	1·1165	1·116

Nr.	Bezeichnung der Kartoffeln.	Gewicht der Kartoffeln. Grm.	Menge des verdrängten Wassers. Cc.	Specifisches Gewicht.	Mittleres specifisches Gewicht.
50	Snowflake, v. Gröling	395·2	354·1	1·1161	1·116
		395·1	354·0	1·1161	
51	Calico, v. Gröling	509·3	456·7	1·1152	
		509·2	456·3	1·1159	1·116
52	Excelsior, v. Gröling	521·0	466·7	1·1164	
		521·0	466·4	1·1171	1·117
53	Weißfleischige Zwiebel, Siegersleben	1085·4	970·6	1·1183	
		1085·5	970·6	1·1184	1·118
54	Peachblow, v. Gröling	496·1	443·5	1·1186	
		496·0	443·4	1·1186	1·119
55	Weißfleischige Zwiebel, Siegersleben	1305·9	1165·2	1·1208	
		1306·3	1165·6	1·1207	1·121
56	Paterson's Victoria, v. Gröling	492·4	438·9	1·1219	
		492·4	438·9	1·1219	1·122
57	Hundred Fold Fluke, v. Gröling	489·0	435·4	1·1231	
		489·1	435·6	1·1228	1·123
58	Weißfleischige Zwiebel, Siegersleben	1276·7	1137·0	1·1229	
		1276·8	1136·9	1·1231	1·123
59	Späte Rosen, Haage u. Schmidt	989·3	880·0	1·1242	
		989·3	880·3	1·1238	1·124
60	Weißfleischige Zwiebel, Siegersleben	1317·8	1172·6	1·1239	
		1317·8	1172·6	1·1239	1·124
61	Daber'sche, v. Gröling	544·0	483·6	1·1249	
		543·9	483·4	1·1251	1·125
62	Rothe Kartoffeln, Baumersroda	947·9	843·1	1·1243	
		947·2	842·0	1·1249	1·125
63	Siebenhäuser, Landwirthschaftl. Institut Halle	761·8	676·3	1·1264	
		761·8	676·4	1·1263	1·126
64	Feldmarschall Prinz Friedrich Carl, v. Gröling	448·7	395·2	1·1354	
		448·6	395·1	1·1354	1·135
65	Zwiebelkartoffel, Sombart-Ermsleben	1006·0	886·0	1·1354	
		1005·7	885·8	1·1354	1·135
66	Rothe Kartoffeln, Baumersroda	1024·9	902·4	1·1357	
		1025·4	902·9	1·1357	1·136
67	Zwiebelkartoffel, v. Eichel-Strieber, Eisenach	549·3	482·3	1·1389	
		549·4	482·4	1·1389	1·139
68	Zwiebelkartoffel, Nagel-Trotha	1097·6	961·9	1·1411	
		1098·1	962·5	1·1409	1·141
69	Rauhschaalige Speisekartoffel, Petsch-Gödewitz	871·8	763·0	1·1426	
		872·0	763·5	1·1421	1·142
70	Weißfleischige Zwiebel, Schochwitz	944·7	824·5	1·1458	
		944·7	824·4	1·1459	1·146
71	Daber'sche Salzmünde	1080·2	938·2	1·1514	
		1080·6	938·6	1·1513	1·151
72	Weißfleischige Zwiebel, Salzmünde	534·0	462·0	1·1559	
		534·0	461·8	1·1563	1·156

Tabelle III.

Uebersicht der Trockensubstanz-Bestimmungen.

Nr.	Spezifisches Gewicht.	Gewicht der frischen Kartoffelscheiben. Grm.	Gewicht der lufttrocknen Substanz. Grm.	Gehalt an lufttrockner Substanz. pCt.	Gewicht zur Ermittelung der Trockensubstanz. Grm.	Gewicht der im Wasserstoffstrome getrockneten Substanz. Grm.	Gehalt der lufttrocknen Substanz an Trockensubstanz. pCt.	Gehalt der frischen Kartoffeln an Trockensubstanz. pCt.
1	1·083	394·3	86·0	21.81	9·6205	8·7750	91·21	19·89
2	1·083	569·8	123·9	21·74	9·6290	8·7495	90·86	19·75
3	1·083	200·8	46·2	23·01	9·8250	8·4925	86·44	19·89
4	1·085	514·4	115·4	22·43	8·3720	7·6325	91·17	20·45
5	1·086	613·4	142·1	23·17	9·4015	8·2105	87·33	20·23
6	1·086	476·4	105·7	22·19	8·5455	7·7255	90·40	20·06
7	1·086	549·1	128·5	23·40	10·7650	9·5360	88·58	20·73
8	1·087	254·6	61·0	23·96	7·1475	6·0835	85·11	20·39
9	1·089	448·8	104·3	23·24	7·9290	7·1965	90·76	21·09
10	1·090	588·4	138·3	23·50	9·0090	8·1530	90·50	21·27
11	1·090	487·7	119·3	24·46	8·6485	7·6465	88·41	21·63
12	1·092	510·2	126·6	24·81	6·8710	6·0970	88·74	22·02
13	1·092	558·4	137·0	24·53	8·6905	7·8600	90·44	22·18
14	1·092	534·6	130·6	24·43	9·5380	8·6235	90·41	22·07
15	1·093	492·6	120·3	24·42	9·6190	8·7260	90·71	22·15
16	1·094	528·3	129·5	24·51	7 5535	6·8765	91·04	22·31
17	1·094	462·1	116·4	25·19	11 7305	10·4340	88·95	22·41
18	1·095	466·2	116·6	25·01	8·7025	7·7985	89·61	22·41
19	1·096	351·9	87·8	24·95	7·6750	6·9530	90·59	22·60
20	1·096	484·9	123·8	25·53	9·6735	8·7855	90·82	23·19
21	1·096	497·6	126·1	25·34	10·1345	9·2230	91·01	23·06
22	1·096	510·7	133·1	26·06	9·4940	4·4465	88·97	23·18
23	1·097	222·5	56·8	25·53	6·5035	5·7185	87·93	22·45
24	1·097	377·2	95·7	25·37	7·7540	6·9140	89·17	22·62
25	1·097	477·2	117·2	24·56	8·3170	7·7330	92·98	22·84
26	1·098	386·0	101·8	26.37	8·8765	7·8665	88·62	23·37
27	1·098	555·9	144·6	26·01	8·8500	8·0325	90·76	23·61
28	1·098	510·7	137·5	26·92	9·2510	8·1245	87·82	23·64
29	1·099	500·9	132·2	26·39	7·5020	6·6035	88·02	23·23
30	1·100	521·4	136·1	26·10	7·3820	6·5760	89·08	23·25
31	1·100	493·1	129·8	26·32	6·7790	6·0865	89·78	23·63
32	1·100	466·9	121·3	25·98	8·0085	7·4020	92·43	24·01
33	1·101	745·1	198·4	26·63	8·6805	7·8720	90·69	24·15
34	1·101	508·0	141·0	27·75	8·5740	7·4795	87·23	24·21
35	1·102	502·6	129·0	25·67	8·0915	7·4770	92·41	23·72

Nr.	Spezifisches Gewicht.	Gewicht der frischen Kartoffelscheiben. Grm.	Gewicht der lufttrocknen Substanz. Grm.	Gehalt an lufttrockner Substanz. pCt.	Gewicht zur Ermittelung der Trockensubstanz. Grm.	Gewicht der im Wasserstoffstrome getrockneten Substanz. Grm.	Gehalt der lufttrocknen Substanz an Trockensubstanz. pCt.	Gehalt der frischen Kartoffeln an Trockensubstanz. pCt.
36	1·102	536·5	143·7	26·78	7·1285	6·2210	87·27	23·37
37	1·103	505·3	139·7	27·64	9·2850	8·2600	88·96	24·59
38	1·104	502·7	134·2	26·69	8·9845	8·3150	92·55	24·70
39	1·106	966·5	265·2	27·45	10·2085	9·3620	91·71	25·17
40	1·106	528·4	148·9	28·18	8·3900	7·5685	90·21	25·42
41	1·107	160·6	45·1	28·08	9·2915	8·1835	88·07	24·73
42	1·108	1126·2	339·5	30·15	7·2820	6·3110	86·67	26·13
43	1·109	538·3	150·3	27·92	7·8995	7·1100	90·00	25·13
44	1·110	685·0	187·2	27·33	9·4480	8·9130	94·34	25·78
45	1·111	669·2	194·7	29·09	8·6890	7·8250	90·06	26·20
46	1·112	540·2	154·2	28·54	10·3465	9·4920	91·74	26·18
47	1·112	224·2	67·2	29·97	8·6650	7·6280	88·03	26·38
48	1·113	469·7	136·1	28·97	7·3470	6·6385	90·35	26·17
49	1·116	672·9	202·5	30·09	9·3865	8·3490	88·95	26·77
50	1·116	394·6	115·4	29·24	8·7862	8·0100	91·17	26·66
51	1·116	508·6	149·2	29·33	9·9835	9·1900	92·05	27·00
52	1·117	520·4	159·8	30·71	9·8170	8·6490	88·10	27·06
53	1·118	1084·8	357·3	32·94	8·5320	7·3755	86·45	28·48
54	1·119	479·4	144·1	30·06	7·3875	6·7635	91·55	27·52
55	1·121	1305·5	423·4	32·43	8·9180	7·8305	87·80	28·47
56	1·122	479·4	149·3	31·14	10·6935	9·7160	90·86	28·29
57	1·123	488·3	154·8	31·70	8·2295	7·3965	89·88	28·49
58	1·123	1264·9	430·7	34·05	7·1615	6·1470	85·83	29·22
59	1·124	227·7	73·1	32·10	9·4935	8·3490	87·94	28·23
60	1·124	1316·0	424·9	32·29	9·3990	8·2915	88·22	28·49
61	1·125	537·7	181·4	33·74	8·6940	7·4895	86·15	29·07
62	1·125	385·9	121·7	31·54	8·3990	7·8430	93·38	29·45
63	1·126	519·6	172·7	33·24	8·0510	7·1820	89·21	29·65
64	1·135	429·0	145·1	33·82	7·5135	6·9240	92·15	31·17
65	1·135	258·5	94·5	36·56	11·3895	9·9570	87·42	31·96
66	1·136	358·3	124·0	34·61	8·5710	7·9665	92·95	32·17
67	1·139	527·5	183·6	34·81	9·9510	9·2835	93·29	32·47
68	1·141	272·2	94·6	34·75	9·1980	8·5290	92·73	32·22
69	1·142	447·7	168·7	37·68	8·7880	7·8445	89·26	33·63
70	1·146	756·6	279·9	36·99	10·3140	9·5615	92·70	34·29
71	1·151	580·1	230·0	39·65	9·5935	8·5080	88·69	35·17
72	1·156	482·2	192·2	39·86	9·4340	8·4440	89·51	35·68

Tabelle IV.

Vergleichung der Balling'schen Trockensubstanzzahlen mit den durch die Analyse gefundenen.

Nr.	Spec. Gewicht.	Gehalt nach Balling.	Durchschnittsgehalt nach der Analyse.	Differenz.	Bemerkungen.
1	1·072	19·72	18·87	0·85	Bestimmung von Abesser.
2	1·081	21·83	20·79	1·04	do.
3	1·083	22·31	20·76	1·55	do.
4	1·083	22·31	19·84	2·47	Durchschnitt aus 3 Bestimmungen.
5	1·085	22·78	20·45	2·33	1 Bestimmung.
6	1·086	23·02	20·41	2·61	Durchschnitt aus 3 Bestimmungen.
7	1·087	23·26	20·39	2·87	1 Bestimmung.
8	1·089	23·74	21·09	2·65	do.
9	1·090	23·98	21·45	2 53	Durchschnitt aus 2 Bestimmungen.
10	1·092	24·46	22·00	2·46	Durchschn. a. 3 Best., wovon 1 v. Abesser.
11	1·093	24·70	22·15	2·55	1 Bestimmung.
12	1·094	24·94	22·15	2·79	Durchschn. a. 4 Best., wovon 2 v. Abesser.
13	1·095	25·18	22·41	2·77	1 Bestimmung.
14	1·096	25·42	23·01	2·42	4 Bestimmungen.
15	1·097	25·66	22·64	3·02	3 „
16	1·098	25·91	23·58	2·33	Durchschn. a. 5 Best., wovon 2 v. Abesser.
17	1·099	26·15	23·45	2·70	„ „ 2 „ „ 1 „ „
18	1·100	26·40	23·61	2·74	„ „ 3 „ „ 1 „ „
19	1·101	26·64	24·27	2·37	„ „ 3 „ „ 1 „ „
20	1·102	26·88	23·70	3·18	„ „ 4 „ „ 2 „ „
21	1·103	27·13	24·59	2·54	1 Bestimmung.
22	1·104	27·37	24·70	2·67	do.
23	1·106	27·86	25·30	2·56	Durchschnitt aus 2 Bestimmungen.
24	1·107	28·11	24·73	3·38	1 Bestimmung.
25	1·108	28·36	25·92	2·44	Durchschn. a. 3 Best., wovon 2 v. Abesser.
26	1·109	28·61	25·13	3·48	1 Bestimmung.
27	1·110	28·86	25·78	3·08	do.
28	1·111	29·10	26·20	2·90	do.
29	1·112	29·35	26·12	3·23	Durchschn. a. 3 Best., wovon 1 v. Abesser.
30	1·113	29·60	26·42	3·18	„ „ 3 „ „ 2 „ „
31	1·113	29·60	(28·07)	(1·53)	2 Best. v. Abesser, wahrscheinl. unrichtig.
32	1·115	30·10	26·97	3 13	1 Bestimmung von Abesser.
33	1·116	30·35	26·81	3·54	Durchschn. aus 3 Bestimmungen.
34	1·117	30·60	27·06	3·54	1 Bestimmung.
35	1·118	30·85	28·10	2·75	Durchschn a. 2 Best., wovon 1 v. Abesser.
36	1·119	31·10	27·78	3·32	„ „ 2 „ „ 1 „ „
37	1·121	31·61	28·47	3·14	1 Bestimmung.
38	1·122	31·86	28·29	3·57	do.
39	1·122	31·86	(29·24)	(2·62)	1 Bestimmung von Abesser.
40	1·123	32·11	28·85	3·26	Durchschnitt aus 2 Bestimmungen.
41	1·124	32·36	28·36	4·00	do. do.
42	1·125	32·62	29·26	3·36	do. do.
43	1·126	32·87	29·65	3·21	1 Bestimmung.
44	1·127	33·13	29·58	3·55	1 Bestimmung von Abesser.
45	1·132	34·42	30·69	3·73	do. do.
46	1·135	35·20	31·56	3·64	Durchschnitt aus 2 Bestimmungen.
47	1·136	35·46	32·17	3·29	1 Bestimmung.
48	1·139	36·24	32·47	3·77	do.
49	1·140	36·50	32·89	3·61	1 Bestimmung von Abesser.
50	1·141	36·76	32·22	4·54	1 Bestimmung.
51	1·142	37·02	33·63	3·39	do.
52	1·146	38·06	34·29	3·77	do.
53	1·151	39·36	35·17	4·19	do.
54	1·156	40·66	35·68	4·98	do.

Tabelle V.

Uebersicht der Stärke-Analysen.

Nr.	Jahrgang.	Spec. Gewicht.	Ermittelter Trockengehalt. pCt.	Trockengehalt der lufttrocknen Probe. pCt.	Gewogenes CuO 5 Cc. Malzauszug entsprechend. Grm.	Angewandte Substanz. Grm.	Substanzmenge, welcher die Flüssigkeit entspricht, worin der Zucker bestimmt wurde. Grm.	Gefundenes Kupferoxyd. Grm.		Dem Malzauszug (2 Cc.) entsprechendes Kupferoxyd. Grm.	Der Kartoffelsubstanz entsprechendes Kupferoxyd. Grm.	Dem CuO entsprechende Stärke. Grm.	Gehalt der lufttrocknen Probe an Stärke. pCt.	Gehalt der Trockensubstanz an Stärke. pCt.	Gehalt der frischen Kartoffel an Stärke. pCt.	
1	1873	1·072	18·87	93·03	0·1365	1·5050	0 06020	0·1600		0·0546	0·1054	0·04302	71·46	76·82	14·49	14·52
—	—	—	—	—	0·1937	1·4965	0·05986	0·1827		0·07748	0·10522	0·042947	71·75	77·12	14·55	
2	1873	1·083	20·76	92·90	0·1568	1·5047	0·06019	0·1735 0·1715	0·1725	0·0627	0·1033	0·042163	70·05	75·40	15·65	
3	1874	1.083	19·89	90·88	0·1937	1·5055	0·06022	0·1792		0·07748	0·10172	0·041518	68·94	75·87	15·09	15·16
—	—	—	—	—	0·1430	1·5000	0·06000	0·1695		0·0572	0·1023	0·041755	69·59	76·57	15·23	
4	1874	1·083	19·75	90·34	0·1365	1·5015	0·06006	0·1595 0·1600	0·1597	0·0546	0·1051	0·042898	71·42	79·06	15·61	
5	1874	1·083	19·89	86·44	0·1440	1·5000	0 0600	0·1600 0·1590	0·1595	0·0576	0·1019	0·04159	69·32	80·19	15·95	
6	1874	1·085	20·45	90·82	0·1359	1·5032	0·06013	0·1602		0·05436	0·10584	0·0432	71·84	78·58	16·07	71·37
—	—	—	—	—	0·1378	1·5025	0·0601	0·1595		0·0551	0·1044	0·042612	70·90			
7	1874	1·087	20·39	85·22	0·1365	1·5005	0·06002	0·1530 0·1540	0·1535	0·0546	0·0989	0·040367	67·26	78·93	16·09	
8	1872	1·092	21·81	91·61	—	2·000	0·100	0·2465		0 0685	0·1780	0·07265	72·65	79·30	17·30	17·16
—	—	—	—	—	—	—	—	0·2435		0·0685	0·1750	0·07143	71·43	77·97	17·01	
9	1873	1·094	21·57	87·58	0·1568	1·5045	0·06018	0·1670 0·1690	0·1680	0·0627	0·1053	0·04298	71·42	81·55	17·60	
10	1874	1·097	22·84	92·36	0·1908	1·5035	0 06014	0·1830 0·1820	0·1825	0·0763	0·1062	0·043347	72·08	78·04	17·82	
11	1874	1·097	22·45	87·40	0·1568	1·5035	0·06014	0·1680 0·1695	0·1687	0 0627	0·1060	0·043265	71·94	82·31	18·43	
12	1872	1·098	23·25	91·15	—	5·000	0·1200	0·2575		0·04525	0·21225	0·08668	72·19	79·75	18·54	72·695
—	—	—	—	—	—	—	—	0·2605		0·04525	0·21525	0·08784	73·20			
13	1872	1·102	23·83	92·00	—	2·0000	0·1000	0·2505		0·0685	0·1820	0 074286	74·29	80·75		19·24
—	—	—	—	92·00	—	—	—	0·2505		0·0685	0·1820	0·074286	74·29	—		
14	1873	1·102	23·88	89·05	0·1937	1·4988	0·05995	0·1827 0·1812	0·18195	0 07748	0·10447	0·04264	71·13	79·88	19·08	
15	1874	1·104	24·70	91·10	0·1908	1·5025	0·0601	0·1825 0·1855	0·1840	0·0763	0·1077	0·04396	73·14	80·29	19·83	
16	1874	1·106	25·17	91·00	0·1365	1·5045	0·06018	0·1620 0·1620	0·1620	0 0546	0·1074	0·043837	72·84	80·04	20·15	
17	1875	1·108	26·15	86·66	0·1365	1.5007	0·06003	0·1560 0·1540	0·1550	0·0546	0·1004	0·04098	68·27	78·78	20·60	
18	1874	1·109	25·13	89·59	0·1937	1·5033	0·060132	0·1857		0·07748	0·10822	0·04417	73·46	82·00	20·61	20·52
—	—	—	—	—	0·1338	1·5105	0·06042	0·1613		0·0535	0·1078	0·04400	72·84	81·30	20·43	
19	1874	1·110	25·78	93·60	0·1365	1·5031	0·06012	0·1645 0·1675	0·1660	0·0546	0·1114	0·04547	75·63	80·80	20·83	
20	1874	1·112	26·18	91·48	0·1937	1·5058	0·06023	0·1882								

21	1873	1·112	25·81	90·62	0·1908	1.5045	0·06018	0·1865 0·1855	0·1860	0·0763	0·1097	0·044775	74·40	82·10	21·19	
—	—	—	—	—	—	—	—									
22	1872	1·113	26·19	92·72	—	2·000	0·100	0·2565		0·0685	0·1880	0 07673	76·73	82·75	21·67	21·76
—	—	—	—	—	—	—	0·050	0·1290		0·03425	0 09475	0·03867	77·34	83·41	21·85	
23	1873	1·113	28 06	91·77	0·1568	1·5044	0·06018	0 1660 0·1670	0·1665	0·0627	0·1038	0·042367	70·40	76·71	21·49	
—	—	—	—	—	—	—	—									
24	1874	1·114	25·48	89·74	0·1378	1·4993	0·05997	0·1670 0·1675	0·16725	0·0551	0·11215	0·045775	76·33	85·06	21·67	
—	—	—	—	—	—	—	—									
25	1874	1·116	26·66	90·64	0·1359	1·4950	0·0598	0 1652		0·05436	0·11084	0·04524	75·65	83·46	22·25	22·22
—	—	—	—	—	0·1937	1·5047	0·06019	0·1892 0·1882	0·1887	0·07748	0·11122	0 045396	75·42	83·21	22·18	
—	—	—	—	—	—	—	—									
26	1874	1·119	27·52	91·63	0·1908	1·5060	0·06024	0·1860 0·1870	0·1865	0·0763	0·1102	0·04498	74·67	81·49	22·43	
—	—	—	—	—	—	—	—									
27	1872	1·119	28·04	93·74	—	2·000	0·100	0 2595 0·2565	0·2580	0·0685 0·0685	0·1895	0·07735	77 35	82·51	23·13	
—	—	—	—	—	—	—	—									
28	1874	1·122	28·82	86·91	0·1338	1·5050	0·0602	0·1578 0·1593	0·1586	0·0535	0·1051	0·0429	71·26	81·99	23·63	
—	—	—	—	—	—	—	—									
29	1875	1·124	28·48	88·20	0·1365	1·5010	0·06004	0·1630 0·1640	0·1635	0·0546	0·1089	0·044449	74·03	83·93	23·90	
—	—	—	—	—	—	—	—									
30	1874	1·125	29·07	86·15	0·1908	1·5055	0·06022	0·1815 0·1815	0·1815	0·0763	0·1052	0·042939	71·30	82·76	24·04	
—	—	—	—	—	—	—	—									
31	1874	1·125	29·45	92·46	0·1365	1·4963	0·05985	0·1650 0·1655	0·16525	0·0546	0·11065	0·045163	75·46	81·61	24·03	
—	—	—	—	—	—	—	—									
32	1874	1·126	29·65	88·88	0·1568	1·5040	0·06016	0·1685 0·1695	0·1690	0·0627	0·1063	0·0433877	72·12	81·14	24·05	
—	—	—	—	—	—	—	—									
33	1873	1·127	29·58	91·77	0·1378	1 5000	0·0600	0·1670 0·1675	0·16725	0·0551	0·11215	0·045775	76·29	83·13	24·59	
—	—	—	—	—	—	—	—									
34	1874	1·129	30·96	88·03	0·1565	1·5040	0·06016	0·1695 0·1675	0·1685	0·0627	0·1058	0·0431837	71·48	81·51	25·15	
—	—	—	—	—	—	—	—									
35	1872	1·132	30·69	90·00	0·1937	1·5018	0·06007	0·18795 0·18785	0·1879	0·07748	0·11042	0·045069	75·03	83·36	25·58	
—	—	—	—	—	—	—	—									
36	1874	1·135	31·96	87·00	0·1937	1·5031	0·060124	0·1802 0·1822	0·1812	0·07748	0·10372	0·0423347	70·41	80·93	25·87	
—	—	—	—	—	—	—	—									
37	1874	1·139	32·47	92·49	0·1365	1·5025	0·0601	0·1700 0·1695	0·1697	0·0546	0·1151	0·04698	78·17	84·51	27·44	
—	—	—	—	—	—	—	—									
38	1872	1·140	32·89	91·28	—	2·000	0·100	0·2365 0·2380	0·23725	0·0545	0·18275	0·07459	74·59	81·72	26·88	
—	—	—	—	—	—	—	0·100									
39	1874	1·142	33·59	89·03	0·1937	1·5040	0·06016	0·1867 0·1850	0·1858	0·07748	0·10832	0·044212	73·49	82·54	27·73	
—	—	—	—	—	—	—	—									
40	1874	1·146	34·29	91·58	0·1565	1·5058	0·06023	0·1730 0·1730	0·1730	0·0627	0·1103	0·04502	74·75	81·62	27·99	
—	—	—	—	—	—	—	—									
41	1874	1·151	35·18	88·55	0·1338	1·5032	0·060128	0·1618 0·1598	0·1608	0·0535	0·1073	0·0438	72·84	82·26	28·94	
—	—	—	—	—	—	—	—									
42	1874	1·156	35·68	89·08	0·1365	1·5035	0·06014	0·1635 0·1620	0·16275	0·0546	0·10815	0·044143	73·40	82·40	29·39	
—	—	—	—	—	—	—	—									

Tabelle VI.

Vergleichung der Balling'schen Stärkezahlen mit den durch die Analyse gefundenen.

Nr.	Specifisches Gewicht.	Stärkegehalt nach Balling.	Stärkegehalt nach der Analyse.	Differenz.	Anzahl der Proben, in denen der Stärkegehalt durch die Analyse bestimmt wurde.
1	1·072	12·22	14·52	+2·30	1
2	1·083	14·73	15·59	+0·86	4
3	1·085	15·19	16·07	+0·88	1
4	1·087	15·65	16·09	+0·44	1
5	1·092	16·81	17·09	+0·28	1
6	1·094	17·28	17·60	+0·32	1
7	1·097	17·99	18·13	+0·14	2
8	1·098	18·23	18·54	+0·31	1
9	1·102	19·17	19·16	+0·01	2
10	1·104	19·65	19·83	+0·18	1
11	1·106	20·13	20·15	−0·02	1
12	1·108	20·61	20·60	+0·01	1
13	1·109	20·85	20·52	−0·33	1
14	1·110	21·09	20·83	−0·26	1
15	1·112	21·57	21·34	−0·23	2
16	1·113	21·81	21·64	−0·17	2
17	1·114	22·05	21·67	−0·38	1
18	1·116	22·54	22·22	−0·32	1
19	1·119	23·27	22·78	−0·49	2
20	1 122	24·01	23 63	−0·38	1
21	1·124	24·50	23·90	−0·60	1
22	1·125	24·75	24·04	−0·71	2
23	1·126	24·99	24·05	−0·94	1
24	1·127	25·24	24·59	−0·65	1
25	1·129	25 74	25·15	−0·59	1
26	1·132	26·49	25·54	−0·95	1
27	1·135	27·24	25·87	−1·37	1
28	1·139	28·24	27 44	−0·80	1
29	1·140	28·49	26·88	−1·61	1
30	1·142	28·99	27·73	−1·26	1
31	1·146	29·99	27 99	−2·00	1
32	1·151	31·24	28·94	−2·30	1
33	1·156	32·49	29·39	−3·10	1

Tabelle VII.

Vergleichung des Trockengehaltes nach der Analyse und nach der Berechnung vermittelst der Curvengleichung.

Nr.	Specifisches Gewicht.	Trockengehalt nach der Analyse.	Trockengehalt nach der Berechnung.	Differenz.	Bemerkungen.
1	1·072	18·87	18·27	− 0·60	Abesser'sche Bestimmung.
2	1·081	20·79	19·63	− 1·16	" "
3	1·083	20·76	19·99	− 0·77	" "
4	1·083	19·89	19·99	+ 0·10	
5	1·083	19·75	19·99	+ 0·24	
6	1·083	19·89	19·99	+ 0·10	
7	1·085	20·45	20·35	− 0·10	
8	1·086	20·23	20·54	+ 0·31	
9	1·086	20·06	20·54	+ 0·48	
10	1·086	20·73	20·54	− 0·19	
11	1.087	20·39	20·73	+ 0·34	
12	1·089	21·09	21·12	− 0·03	
13	1·090	21·27	21·32	− 0·05	
14	1·090	21·63	21·32	− 0·31	
15	1·092	21·81	21·74	+ 0·07	Abesser.
16	1·092	22·02	21·74	− 0·28	
17	1·092	22·18	21·74	− 0·44	
18	1·0 2	22·07	21·74	− 0·33	
19	1·093	22·15	21·95	− 0·20	
20	1·094	21·57	22·16	+ 0·59	Abesser.
21	1·094	22·31	22·16	− 0·15	"
22	1·094	22·31	22·16	− 0·15	
23	1·094	22·41	22·16	− 0·25	
24	1·095	22·41	22·37	+ 0·04	
25	1·096	22·60	22·59	+ 0·01	
26	1·096	23·19	22·59	− 0·60	
27	1·096	23·06	22·59	− 0·47	
28	1·096	23·18	22·59	− 0·59	
29	1 097	22·45	22·81	+ 0·36	
30	1·097	22·62	22·81	+ 0·19	
31	1·097	22 84	22·81	+ 0·03	
32	1·098	23·25	23·03	− 0·22	Abesser.
33	1·098	23·93	23·03	− 0·90	Bestimmung von Abesser.
34	1·098	24·02	23·03	− 0·99	" " "
35	1·098	23·37	23·03	− 0·34	
36	1·098	23·61	23·03	− 0·58	
37	1·098	23·64	23·03	− 0·61	
38	1·099	23·68	23·26	− 0·42	Bestimmung von Abesser.
39	1·099	23·23	23·26	− 0·03	
40	1·100	23·56	23·48	+ 0·08	Bestimmung von Abesser.
41	1·100	23·25	23·48	+ 0·23	
42	1·100	23·63	23 48	− 0·15	
43	1·100	24·01	23·48	− 0·53	
44	1·101	24·44	23·71	− 0·73	Abesser.
45	1·101	24·15	23·71	− 0·44	
46	1·101	24·21	23·71	− 0·50	
47	1·102	23 83	23·94	+ 0·11	Abesser.
48	1·102	23·88	23·94	− 0·06	"

Nr.	Specifisches Gewicht.	Trockengehalt nach der Analyse.	Trockengehalt nach der Berechnung.	Differenz.	Bemerkungen.
49	1·102	23·72	23·94	+ 0·22	
50	1·102	23·37	23·94	+ 0·57	
51	1·103	24·59	24·17	− 0·42	
52	1·104	24·70	24·40	− 0·30	
53	1·106	25·17	24·87	− 0·30	
54	1·106	25·42	24·87	− 0·55	
55	1·107	24·73	25·11	+ 0·38	
56	1·108	25·65	25·35	− 0·30	Abesser.
57	1·108	25·99	25·35	− 0·64	"
58	1·108	26·13	25·35	− 0·78	
59	1·109	25·13	25·58	+ 0·45	
60	1·110	25·78	25·82	− 0·04	
61	1·111	26·20	26·06	− 0·14	
62	1·112	26·18	26·30	+ 0·12	
63	1·112	26·38	26·30	+ 0·08	
64	1·112	25·81	26·30	+ 0·49	Abesser.
65	1·113	26·19	26·54	+ 0·35	"
66	1·113	26·89	26·54	− 0·35	"
67	1·113	28·06	26·54	− 1·52	Bestimmung von Abesser.
68	1·113	28·08	26·54	− 1·54	" " "
69	1·113	26·17	26·54	+ 0·37	
70	1·115	26·97	27·03	− 0·06	Abesser.
71	1·116	26·77	27·27	+ 0·50	
72	1·116	26·66	27·27	+ 0·61	
73	1·116	27·00	27·27	+ 0·27	
74	1·117	27·06	27·51	+ 0·45	
75	1·118	28·48	27·75	− 0·73	
76	1·118	27·72	27·75	− 0·03	Abesser.
77	1·119	28·04	27·99	+ 0·05	"
78	1·119	27·52	27·99	+ 0·47	
79	1·121	28·47	28·47	0	
80	1·122	28·29	28·71	+ 0·42	
81	1·122	29·24	28·71	− 0·53	Abesser.
82	1·123	28·49	28·95	+ 0·46	
83	1·123	29·22	28·95	− 0·27	
84	1·124	28·23	29·19	+ 0·96	
85	1·124	28·49	29·19	+ 0·70	
86	1·125	29·07	29·43	+ 0·36	
87	1·125	29·45	29·43	+ 0·02	
88	1·126	29·65	29·66	− 0·01	
89	1·127	29·58	29·90	+ 0·32	Abesser.
90	1·132	30·69	31·05	+ 0·36	"
91	1·135	31·17	31·72	+ 0·55	
92	1·135	31·96	31·72	− 0·24	
93	1·136	32·17	31·94	− 0·23	
94	1·139	32·47	32·58	+ 0·11	
95	1·140	32·89	32·79	− 0·10	Abesser.
96	1·141	32·22	33·00	+ 0·78	
97	1·142	33·63	33·20	− 0·43	
98	1·146	34·29	33·98	− 0·31	
99	1·151	35·17	34·88	− 0·29	
100	1·156	35·68	35·68	0	

Tabelle VIII.

Tabelle zur Bestimmung des Stärke- und Trockengehaltes der Kartoffeln nach dem spezifischen Gewichte.

Spez. Gewicht.	Gehalt an Stärkemehl.	Gehalt an Trockensubst.	Spez. Gewicht.	Gehalt an Stärkemehl.	Gehalt an Trockensubst.
1·070	14·36	18·02	1·116	22·18	27·27
1·071	14·43	18·14	1·117	22·40	27·51
1·072	14·51	18·27	1·118	22·61	27·75
1·073	14·60	18·40	1·119	22·83	27·99
1·074	14·69	18·54	1·120	23·05	28·23
1·075	14·79	18·68	1·121	23·27	28·47
1·076	14·89	18·83	1·122	23·49	28·71
1·077	15·00	18·98	1·123	23·70	28·95
1·078	15·12	19·14	1·124	23·92	29·19
1·079	15·24	19·30	1·125	24·13	29·43
1·080	15·37	19·46	1·126	24·34	29·66
1·081	15·50	19·63	1·127	24·55	29·90
1·082	15·63	19·81	1·128	24·76	30·13
1·083	15·77	19·99	1·129	24 97	30·36
1·084	15·92	20·17	1·130	25·17	30·59
1·085	16·07	20·35	1·131	25·38	30·82
1·086	16·22	20·54	1·132	25·58	31·05
1·087	16·38	20·73	1·133	25·78	31·28
1·088	16 54	20·92	1·134	25·97	31·50
1·089	16·71	21·12	1·135	26·17	31·72
1·090	16·88	21·32	1·136	26·36	31·94
1·091	17·05	21·53	1·137	26·55	32·16
1·092	17·23	21·74	1·138	26·73	32·37
1·093	17·41	21·95	1·139	26·91	32·58
1·094	17·59	22·16	1·140	27·09	32·79
1·095	17·78	22·37	1·141	27·27	33·00
1·096	17·97	22·59	1·142	27·44	33·20
1·097	18·16	22·81	1·143	27·61	33·40
1·098	18·36	23·03	1·144	27·77	33·60
1·099	18·56	23·26	1·145	27·93	33·79
1·100	18·76	23·48	1·146	28·09	33·98
1·101	18·96	23·71	1·147	28·24	34·17
1·102	19·16	23·94	1·148	28·39	34·36
1·103	19·37	24·17	1·149	28·53	34·54
1·104	19·58	24·40	1·150	28·67	34·71
1·105	19·79	24·64	1·151	28·80	34·88
1·106	20·01	24·87	1·152	28·93	35·05
1·107	20·22	25·11	1·153	29·05	35·22
1·108	20·43	25·35	1·154	29·17	35·38
1·109	20·65	25·58	1·155	29·28	35·53
1·110	20·86	25·82	1·156	29·39	35·68
1·111	21·08	26·06	1·157	29·49	35·83
1·112	21·30	26·30	1·158	29·58	35·97
1·113	21·52	26·54	1·159	29·68	36·11
1·114	21·74	26·79	1·160	29·76	36·24
1·115	21·96	27·03			

Ueber die Umsetzungen der Phosphorsäure mineralischer Phosphorite und das Verhalten stickstoffhaltiger Verbindungen in humosen Medien.

Von
Dr. F. Holdefleiß.

A. Ueber die Aufschließung des Phosphorits durch Kompostirung.

Einleitung.

Nachdem man die Wichtigkeit der Phosphorsäure als eines Pflanzennährstoffes, der nicht nur zur Förderung des Pflanzenwachsthums unentbehrlich, sondern dessen Zufuhr auf den Acker zur Steigerung sowohl, als auch nur zur Gleichhaltung der Ernten unbedingt nothwendig war, erkannt hatte, mußte die Beschaffung phosphorsäurehaltigen Materials zur Düngung eine Hauptfrage landwirthschaftlicher Forschung sein.

Als noch einerseits die Knochenprodukte als besonders phosphorsäurereiche Düngemittel, und anderseits der Peruguano als an allen wichtigen Pflanzennährstoffen reiches, in allen Verhältnissen günstig wirkendes Material genügend zu Gebote standen, erschien die Befriedigung des Bedarfs an Phosphorsäure für immer die einfachste der landwirthschaftlichen Manipulationen zu sein. Als aber durch den außerordentlich ausgedehnten Verbrauch diese eben genannten Quellen so in Anspruch genommen worden waren, daß nicht nur der Preis der darin zur Verfügung gestellten Phosphorsäure bedeutend stieg, sondern auch die Befürchtung Raum gewinnen mußte, als ob dieselben nicht auf die Dauer alle Bedürfnisse würden befriedigen können, da schien das Heil für eine dauerhafte Blüthe der Landwirthschaft in der Entdeckung neuer Quellen von Pflanzennährstoffen, namentlich von Phosphorsäure zu liegen. Es wurden nun freilich außer dem Peruguano andere noch bedeutend phosphorsäurereichere überseeische Lager aufgedeckt, die die Garantie gewährten, daß noch auf sehr lange Zeit hinaus die Bedürfnisse der Landwirthschaft nach jenem werthvollen Pflanzennährstoffe ihren Ersatz finden würden, dessenungeachtet aber mußte eine Fundgrube von phosphorsäurehaltigem Material, die im Inlande gelegen war, und daher das Gewünschte viel billiger

liefern konnte, die besten Hoffnungen erwecken. Es waren das die Phosphorit-, resp. Apatitlager in der Lahngegend und in Baiern. Die dort gewonnenen Phosphorite, ihres geringen Preises halber sehr zur Anwendung einladend, wurden bald in den verschiedensten Gegenden und Verhältnissen zur Anwendung gebracht; sie kamen fein gemahlen, in rohem Zustande, mit einem Gehalte an Phosphorsäure bis zu einigen 30 Prozent, sowie auch in aufgeschlossenem Zustande zum Angebot. Aber es ist eine allgemein gekannte und bedauerte Thatsache, daß jene auf die Verwendung der Phosphorite gesetzten großen Hoffnungen schnell enttäuscht worden sind.

Da man es schon erfahren hatte, daß die mit Schwefelsäure aufgeschlossenen Phosphate, die also die Phosphorsäure in im Wasser löslichen Zustande enthielten, die deutlichste Wirkung auf dem Acker hervorbrachten, so versuchte man natürlich auch, den Phosphorit durch Aufschließen mit Schwefelsäure schneller wirksam zu machen.

Doch stieß man hier auf eine Schwierigkeit, die das ganze Verfahren fast illusorisch machte: die durch Schwefelsäure löslich gemachte Phosphorsäure, also der gebildete saure phosphorsaure Kalk wurde in kurzer Zeit durch das im Material massenhaft vorhandene Eisenoxyd wieder zu einem neutralen Salze umgewandelt, bei welchem Prozesse der größte Theil der Phosphorsäure wieder vollständig gebunden, und dadurch wieder unlöslich gemacht wurde.

Bei solchem Vorgange mußte sich der Handel mit aufgeschlossenem Phosphorit höchst unsicher gestalten; da sich das Material den Händlern bei einigem Lagern unter den Händen veränderte, so konnten sie keine Garantie des Gehaltes an löslicher Phosphorsäure gewähren, ja die Masse gelangte in Kurzem wieder n einen solchen Zust and, daß der größte Theil der darauf verwandten Kosten und Mühewaltungen als verloren angesehen werden mußte.

Es blieb somit nichts übrig, als eine Anwendung des fein gemahlenen rohen Phosphorits zu versuchen, aber die Veränderung, die derselbe in solchem Zustande im Ackerboden erfährt, scheint im Laufe eines Jahres fast verschwindend klein zu sein; wenigstens konnte bei einer sehr großen Anzahl von Versuchen durch derartiges Material nicht die geringste Steigerung der Ernten auf einem gewöhnlichen Kulturboden erreicht werden. Nur bei einigen der jetzt so in den Vordergrund landwirthschaftlichen Interesses tretenden Moorländereien will man ein besseres Resultat beobachtet haben, während man auch bei der Mehrzahl dieser wieder von der Anwendung des rohen Phosphorits zurückgekommen ist.

Doch läßt die Wichtigkeit, welche die Nutzbarmachung jener reichen Phosphoritlager für die Landwirthschaft im Besonderen sowohl, als auch im Allgemeinen für die gesammte Volkswirthschaft hat, immer wieder auf Versuche zurückkommen, die entweder, trotz aller negativen Erfolge in der Praxis, die Nutzbarkeit der Phosphoritzufuhr überhaupt beweisen, oder die Art und Weise darlegen sollen, wie der Phosphorit zu einem schneller und sicherer wirkenden Düngemittel umzugestalten ist. Trotzdem hat durch alle diese ohne Zweifel sorgfältigen und scharfsinnigen Versuche der bis jetzt nicht unberechtigte Widerwille der praktischen Landwirthe

gegen die Anwendung des Phosphorits noch in keiner Weise überwunden werden können.

Nichtsdestoweniger treten neuerdings wiederholt Versuche in die Oeffentlichkeit, welche die Löslichmachung der Phosphoritphosphorsäure vermittelst solcher organischen Substanzen, wie sie in der landwirthschaftlichen Praxis auftreten, beweisen sollen, und auf welche hin Rathschläge in Betreff der Anwendung des Phosphorits immer von Neuem gegeben werden.

Die Wichtigkeit der vorliegenden Frage für die landwirthschaftliche Praxis ließ es daher gerechtfertigt erscheinen, die Prüfung der erwähnten Vorgänge zum Gegenstande ausgedehnter und längere Zeit fortgesetzter Untersuchungen zu machen, die in der Versuchsstation des landwirthschaftlichen Central-Vereins der Provinz Sachsen zu Halle a. S. zur Ausführung kamen.

Die Versuche wurden gleich in solcher Weise unternommen und bis zu Ende durchgeführt, daß möglichst große Mengen des in der Praxis zur Wirkung kommenden Materials angewandt wurden. Man mußte dadurch sowohl Einsicht in die Vorgänge gewinnen können, welche bei Vorhandensein so großer Mengen durch sogenannte Massenwirkung zu Stande kommen, als man auch auf solche Weise mehr die Garantie erhielt, daß die beobachteten Prozesse den im Großen auftretenden entsprechend verlaufen mußten. Auf der anderen Seite konnten die Versuche noch vollständig genau mit der Waage verfolgt werden, so daß denselben weder die Ungenauigkeit größerer, schwer zu kontrolirender praktischer Versuche, noch die Unmaßgeblichkeit kleiner in Glasretorten ausgeführter Laboratoriumsversuche vorgeworfen werden konnte.

Die vorliegenden Versuche wurden schon im Sommer 1872 begonnen: über die in diesem ersten Jahre erhaltenen Resultate gab Märcker in der Central-Versammlung des landwirthschaftlichen Central-Vereins zu Halle a. S. am 14. Januar 1873 ein kurzes Referat.[1]) Sie wurden 1873 in größerer Ausdehnung fortgesetzt: die Resultate dieser zweiten Versuchsreihe wurden in der Inaugural-Dissertation des Referenten vom 21. November 1874 gegeben, und in einer kurzen Uebersicht in dem Berichte über die Thätigkeit oben genannter Versuchsstation in der Vereinszeitschrift referirt.[2]) Sie kamen in noch größerem Umfange im Jahre 1874 zum Abschluß, während die Untersuchungen des gewonnenen Versuchsmaterials erst im Jahre 1875 beendigt werden konnten: die dadurch erhaltenen Endresultate wurden in vorläufiger Mittheilung in dem Berichte über die Wirksamkeit der Versuchsstation im Jahre 1874 in derselben Zeitschrift veröffentlicht.[3])

Da somit die Versuchsergebnisse bisher nur fragmentarisch und nicht anders als in Form von vorläufigen Mittheilungen in die Oeffentlichkeit gebracht worden sind, so soll in Folgendem eine genauere Beschreibung der Versuche und eine aus-

1) Zeitschrift des landwirthschaftlichen Central-Vereins der Provinz Sachsen. 1873. Heft 4.
2) Dieselbe Zeitschrift. 1874. Heft. 8.
3) Dieselbe Zeitschrift. 1876. Heft 1.

führlichere Bearbeitung des Versuchsmaterials zu geben versucht werden. Dem möge jedoch eine Darlegung des Ganges vorhergehen, den die Untersuchungen im Betreff des vorliegenden Gegenstandes bisher genommen haben.

Uebersicht der vorangehenden Literatur.

Nachdem man schon längst durch komparative Düngungsversuche mit phosphorsäurehaltigen Düngemitteln gesehen hatte, daß in je weniger löslicher Verbindung die Phosphorsäure gegeben wird, sie um so weniger das Ernteresultat erhöhte, glaubte man noch immer die Hoffnung nicht aufgeben zu dürfen, die natürlichen Phosphate für die Landwirthschaft nutzbar zu machen, auch ohne die kostspielige Aufschließung mit Schwefelsäure. Namentlich in Frankreich glaubte man mit den einheimischen fossilen Kalkphosphaten in vielen Fällen die Erträge steigern zu können, so daß Molon im Jahre 1858 aus den gesammelten „Erfahrungen über Anwendung der fossilen Kalkphosphate" die Schlüsse zieht:[1]) „um aus solchen Phosphaten alle erwarteten Vortheile zu ziehen, seien sie in thonigem, schieferigem, granitigem und kiesigem Boden, der an organischen Resten reich ist, in natürlichem gepulvertem Zustande anzuwenden, in gleichem Boden, wenn er arm an organischen Resten ist, besonders, wenn er lange Zeit hindurch bebaut und mit Kalk gedüngt wurde, seien sie in gepulvertem Zustande und gemengt mit thierischen gährungsfähigen Stoffen anzuwenden, in kalkigem und besonders kreidigem Boden solle man sie in pulverigem Zustande mit 20—25 Prozent Salzsäure behandelt, unter Beigabe von organischen Stoffen geben." Molon legt also den Hauptschwerpunkt auf das reichliche Vorhandensein von organischen Stoffen im Boden und glaubt, daß mit Hilfe dieser das rohe unaufgeschlossene Phosphat in der Ackererde zur Lieferung von Phosphorsäure in für das Pflanzenwachsthum aufnehmbarer Form fähig gemacht werden könnte.

Zu einem gerade entgegengesetzten Resultate kam man durch zahlreiche Düngungsversuche in Deutschland, namentlich exakt ausgeführt in Proskau, Poppelsdorf, Waldau, Eldena, Prützen, Frankenfelde, Königsborn,[1]) die um so mehr vor jenen „Erfahrungen" Vertrauen verdienen, als sie durch alle seitdem unternommenen Versuche nicht ungiltig haben gemacht werden können. Man hatte durch diese Feldversuche, angestellt in den mannigfaltigsten örtlichen Verhältnissen und mit verschiedenen Beimengungen (in Proskau mit schwefelsaurem Ammoniak, in Eldena mit Stallmist), keine günstige Einwirkung des Phosphorits auf die Ernte konstatiren können. Man sah, daß man darauf verzichten müßte, die natürlichen Phosphate in unaufgeschlossenem Zustande als Düngemittel anzuwenden.

Auf die Unthunlichkeit, den Phosphorit in aufgeschlossenem Zustande in die Landwirthschaft einzuführen, ist schon hingewiesen. Wollte man daher mit Erfolg versuchen, die Phosphorite, die doch einen so werthvollen Pflanzennährstoff in

1) Comptes rend. XLVI. p. 233.

2) Rob. Hoffmann, Jahresbericht über die Fortschritte der Agriculturchemie. Jahrgang 1861—1862. S. 282.

reichlicher Menge enthielten, der Landwirthschaft nutzbar zu machen, so konnten vergleichende Düngungsversuche keine Aufklärung mehr geben, es machte sich vielmehr das Bedürfniß geltend, das Verhalten der Phosphorsäure selbst, im Düngungsmaterial sowohl, wie im Ackerboden, eingehenderen Untersuchungen zu unterwerfen.

Mittlerweile war auf das Genaueste, namentlich durch Sachs, nachgewiesen, daß die Pflanzen im Stande seien, ungelöste Stoffe vermittelst ihrer Wurzeln aufzunehmen. Außerdem war aber durch das Studium der Absorptionserscheinungen dargethan, daß die meisten durch Düngung dem Boden zugeführten Nährstoffe, vor Allem die Phosphorsäure, auch wenn sie dem Boden in löslichem oder gelöstem Zustande gegeben werden, alsbald, nachdem sie in Berührung mit den Bodenbestandtheilen gekommen, von diesen niedergeschlagen, „absorbirt" werden, d. h. mit ihnen unlösliche, oder wenigstens schwer lösliche Verbindungen eingehen. Da aus solchem Zustande der Absorption die Phosphorsäure durch das im Boden circulirende Wasser nur in verschwindend kleinen Mengen gelöst werden kann, wie aus zahlreichen Analysen von Drainwässern hervorgeht, so blieb nichts anderes übrig, als daß die Pflanzen nicht nur, wie oben gesagt, im Stande, sondern sogar darauf angewiesen sind, den größten Theil der zu ihrem Wachsthum nöthigen Phosphorsäure aus schwer löslichem Zustande aufzunehmen.

Besonders war es Peters, der durch exakte Versuche feststellte, daß die leicht löslichen Phosphate, wie sie in dem aufgeschlossenen Material vorhanden sind, bei Gegenwart von Eisenoxyd und Thonerde, wieder durch Bindung aller Affinitäten der Phosphorsäure in schwer lösliche Verbindungen übergeführt werden, und daß diese Ueberführung im Boden in verhältnißmäßig sehr kurzer Zeit stattfindet. Peters schließt aus seinen Untersuchungen: „daß das Aufschließen von Phosphaten mit Säuren keineswegs die Wirkung haben kann, den Pflanzen die aufgelöste Phosphorsäure direkt in der Form eines sauren Kalksalzes zuzuführen. Der Gehalt des Erdbodens an solchen Körpern, welche mit der gelösten Phosphorsäure unlösliche Verbindungen eingehen, ist viel zu groß, als daß das saure Kalkphosphat sich erhalten könnte. Die Operation kann vielmehr nur den Erfolg haben, eine gleichmäßigere Vertheilung der Phosphorsäure im Ackerboden zu bewirken, und durch die feine Zertheilung der im Boden sich regenerirenden schwer löslichen Verbindungen die spätere Wiederauflösung zu befördern."

Das für uns wichtigste Resultat aus allen diesen Untersuchungen ist das, daß die Pflanzen selbst vermittelst ihrer Wurzeln die ungelöste Phosphorsäure auflösen, daß also ungelöste Phosphate organischen Einflüssen eine Einwirkung gestatteten. Nur scheint ein großer Unterschied zu bestehen zwischen den organischen Einflüssen, die von der wachsenden Wurzel ausgehen, und denen der im Boden als sogenannte Humussubstanzen liegenden. Die geringe Fähigkeit der Letzteren, auf das rohe Phosphat lösend einzuwirken, zeigte ja der Mißerfolg jener erwähnten Felddüngungsversuche, bei denen auch in sehr humosen Böden sowie bei Zugabe von Stallmist es nicht gelungen war, die unlösliche Phosphorsäure in Action zu bringen.

Dennoch suchte schon Peters bei seinen vorhin citirten Untersuchungen nach im Boden vorhandenen Agentien, durch welche die schwer löslichen Verbindungen der Phosphorsäure im Erdboden theilweise gelöst werden könnten. Er suchte nach Erklärungen für die gewünschte Voraussetzung, und macht mehrere Vorgänge namhaft, die im Stande sein sollen, die wünschenswerthe Umsetzung der Phosphate im Boden zu befördern. Er glaubte, daß aus dem schwerlöslichen phosphorsauren Eisenoxyd ein Theil des Eisenoxyds durch Zersetzung der organischen Substanzen reduzirt würde, wodurch sich leichter lösliches phosphorsaures Eisenoxydoxydul bildete. Ferner glaubte er, den Humussäuren selbst auch einen zersetzenden Einfluß auf die schwerlöslichen Phosphate zuschreiben zu können, und constatirte endlich, daß in der Erde vorkommende Salze, namentlich kohlensaure und kieselsaure Alkalien, ebenfalls die Auflösung derselben beförderten, abgesehen davon, daß schon im Bodenwasser gelöste Kohlensäure lösend wirken sollte. Doch sind alle diese Sätze nicht viel mehr als Erklärungen für die Möglichkeit eines wünschenswerthen Vorganges; es war noch der experimentelle Nachweis beizubringen, daß die erwähnten Vorgänge von solchem Belang seien, um in der landwirthschaftlichen Praxis der Anwendung roher Phosphate das Wort zu reden.

Es treten daher in der Folgezeit eine ganze Reihe von Versuchen an die Oeffentlichkeit, durch welche das Maß der Einwirkung bestimmt werden soll, die auf die rohen Phosphate von solchen Agentien ausgeübt wird, wie sie in der Ackererde vorkommen können.

A. Völker[1]) veröffentlichte Versuche über die Löslichkeit der Phosphorite im Wasser, welche ergaben, daß mineralische Phosphate, namentlich wenn sie hart und krystallinisch sind, von Wasser sehr wenig angegriffen werden; er hält es daher für eine Verschwendung an Rohmaterial, wenn dasselbe nicht vollständig mit Säure aufgeschlossen wird.

Dagegen folgern H. und E. Albert[2]) (freilich in nicht ganz berechtigter Weise) aus Lösungsversuchen mit schwacher Essigsäure, bei denen der Lahnphosphorit in 7 Tagen mit $\frac{1}{7}$ des Gesammt-Gehaltes an phosphorsaurem Kalk in Auflösung trat, daß länger andauernde Einflüsse im Boden durch Salze, Humussäuren und Kohlensäure seine Auflösung mit der Zeit ganz herbeiführen können; während Th. Dietrich und J. König[3]) die Kohlensäure und Essigsäure 12 Wochen lang einwirken ließen, die Auflöslichkeit der mineralischen Phosphate als eine sehr geringe fanden.

Die von Peters gemachten Beobachtungen wurden im Wesentlichen von P. Wagner[4]) bestätigt, der außerdem noch nachwies, daß nicht nur das Eisenoxydhydrat, sondern auch gleichzeitig der kohlensaure Kalk des Bodens aus einer Lösung des phosphorsauren Kalks in verschiedenen Salzen oder kohlensaurem

1) Journ. of the Royal Agric. Society of England. 1868. I. S. 176.

2) Wochenblatt der Süddeutschen Ackerbaugesellschaft. 1869. S. 147.

3) Rob. Hoffmann, Jahresbericht über die Fortschritte der Agriculturchemie. 1868 und 1869. S. 385.

4) Journal für Landwirthschaft. 1871. S. 89 u. ff.

Wasser die Phosphorsäure „absorbirt", daß also „die Phosphorsäure bei Gegenwart von kohlensaurem Kalk weniger beweglich ist."

Auf Grund aller dieser Erfahrungen konnte der Standpunkt der Kenntniß über die Wirkung des Phosphorits nur der sein, daß, wenn die durch den rohen Phosphorit auf den Acker gebrachte Phosphorsäure überhaupt eine Wirkung zeigen kann — wofür allerdings eine ganze Reihe von exakten Versuchen nicht zu sprechen scheinen — es nur dann geschehen könne, wenn die im Boden vorhandenen zersetzenden Agentien lange genug haben einwirken können; daß also eine derartige Düngung ein Kapital repräsentirte, das im günstigsten Falle nur sehr langsam Ersatz gewährt, nachdem es lange todt im Boden gelegen. Auf der anderen Seite konnte roher Phosphorit nur dann die Erträge unverzüglich steigern, wenn er in solcher Menge aufgebracht wird, daß den Pflanzenwurzeln die Möglichkeit gegeben ist, überall mit Phosphoritpartikelchen in Berührung zu kommen.

Dieser Standpunkt ist es, den Dietrich[1]) entwickelt, der dann zu dem Schlusse kommt, daß die Frage, ob Phosphoritmehl oder Superphosphat anzuwenden sei, auf ein Rechenexempel hinauskomme, das zu lösen jeder Landwirth selbst bestrebt sein müsse.

Aber auch er kann die Hoffnung nicht aufgeben, den Phosphorit schneller nutzbar zu machen, ja er stellt es als sicher hin, daß man durch Humussäuren seine Nutzbarmachung beschleunigen könne, und daß eine Zumischung von organischen Stoffen: Sägemehl, Torf, Compost, Mist ꝛc. ein Mittel zu seiner Löslichmachung sei, namentlich empfiehlt er das Einstreuen von Phosphoritmehl in die Stallungen, in die Miststätte, in den Composthaufen.

Die von ihm und König angestellten Lösungsversuche des Phosphorits mit kohlensäurehaltigem Wasser wurden von Karmrodt[2]) wiederholt, der günstigere Resultate erhielt als Jene. Um auch endlich für die schon wiederholt von Knop, Peters, Albert, Dietrich nur vermuthete oder behauptete Umsetzung der Humussubstanzen mit phosphorsauren Salzen einen Anhalt zu geben, stellten Th. Dietrich, J. König und J. Kiesow[3]) Versuche an, betreffend die Löslichkeit des Phosphorits in Humusverbindungen. In dem einen Falle wurde Phosphorit mit humussaurem Ammoniak gekocht, wobei circa 4 pCt. der gesammten Phosphorsäure in Lösung gingen. In einem anderen Falle wurde Phosphorit mit gemahlenem Torf fast ein Jahr hindurch beständig feucht erhalten, und in je 14 Tagen resp. 4 Wochen mit Wasser angerührt, die Flüssigkeit abfiltrirt, und im Filtrat die Phosphorsäure bestimmt: im Laufe der ganzen Zeit waren 2—3 pCt. der gesammten Phosphorsäure gelöst worden.

Es ist das allerdings kein der Phosphoritzersetzung allzu günstiges Resultat,

1) Annalen der Landwirthschaft, Wochenblatt 1871. Nr. 44 und 45 „Ueber Phosphoritmehldüngung."

2) Neue Landwirthschaftliche Zeitung. 1872. S. 360.

3) Centralblatt für Agriculturchemie. Bd. III. S. 77.

denn wenn man annehmen muß — wie ja auch schon experimentell nachgewiesen — daß der Phosphorit schon durch Kochen mit Wasser, sowie durch länger dauerndes Behandeln mit sehr großen Mengen von kaltem Wasser, zu einem, wenn auch nur kleinen Theile gelöst werden kann, so schwindet der Antheil der organischen Substanzen an der Lösung jener immerhin schon sehr kleinen Mengen gelöster Phosphorsäure noch mehr zusammen.

Bei allen diesen Versuchen war nur mit sehr kleinen Mengen der zu untersuchenden Substanzen operirt worden, und die Aufschließung der unlöslichen Phosphorsäure wurde durch das Maß ihrer Auflöslichkeit in Wasser bestimmt. Durch das Ausziehen mit Wasser konnte aber immer nur die in dem betreffenden Augenblicke lösliche Phosphorsäure gelöst werden, die vorher gelöst gewesene und wieder niedergeschlagene, nun in sehr feiner, dem Pflanzenwachsthum förderlicher Vertheilung vorhandene konnte dadurch nicht vollständig aufgelöst werden. Dem gegenüber war es ein Fortschritt, daß Heiden[1]) Versuche mit größeren Mengen anstellte, und versuchte, durch Pflanzenvegetation einen Maßstab für die Menge der durch seine Agentien löslich gewordenen Phosphorsäure zu bekommen. Er compostirte je 10 Ctr. Phosphorit von 14·56 pCt. Phosphorsäure und 15·6 pCt. Eisenoxyd mit je 36 Ctr. Erde und mit 10—20 Ctr. Jauche resp. 10 Ctr. Stallmist, ließ die Haufen $\frac{5}{4}$ Jahr liegen, während welcher Zeit er sie mehrmals umarbeitete, und düngte endlich gleiche Parcellen Acker damit. Er fand, gegenüber den anderen, ungefähr eben so großen Parcellen, die theils mit 15 Fuder Stallmist, theils mit Knochenmehl und Ammoniak-Superphosphat gedüngt waren, bei allen mit jenem Compost gedüngten Parcellen die Erträge gesteigert, vor Allem aber da, wo Phosphorit, mit Stallmist compostirt, hingekommen war. Er empfiehlt daher vor Allem Compostirung des Phosphorits mit Stallmist.

Die Versuche würden außerordentlich wichtig und für die Ausnutzung des Phosphorits in entscheidender Weise maßgebend sein, wenn eben ihr über alle Maßen günstiger Ausfall nicht Bedenken erregte. Nach denselben wäre die Wirkung einer reichlichen Stallmistdüngung (27 Fuder pro Hectar), sowie die einer Düngung mit Materialien, die einen reichen Gehalt von leicht zugänglicher Phosphorsäure enthalten — pro Hectar 290 Kilo Knochenmehl und 110 Kilo ammoniakal. Superphosphat mit ca. 70 Kilo Phosphorsäure — nicht im Stande, sich auf gleicher Linie zu halten mit der durch den Phosphorit erzielten Wirkung. Der einzig berechtigte Schluß aus den vorliegenden Versuchen würde mithin der sein, daß der Phosphoritphosphorsäure vor allen anderen Düngemitteln, auch solchen, die bisher als die allergünstigsten anerkannt waren, eine ganz specifische Wirkung zugeschrieben werden müsse, die sie doch ohne Zweifel nicht hat. Wenn aus Feldversuchen, deren Resultate, so wie es hier geschieht, allen Erfahrungen widersprechen, ohne Weiteres wichtige Schlüsse gezogen werden, so ist das mindestens übereilt; die Versuche Heiden's bieten demnach kein Material, auf dem eine richtige Werthschätzung des Phosphorits begründet werden könnte.

1) Amtsblatt für die landw. Vereine des Königreichs Sachsen. 1873. S. 61 u. ff.

Ganz anders verfuhr Hofäus[1]). Er cultivirte die Pflanzen geradezu in Phosphorit, dem er mineralische Pflanzennährstoffe beigemengt hatte; daß diese Vegetationen günstig gediehen, ist nach allen früheren Erfahrungen nicht auffallend und führt uns ebenfalls nicht weiter in der Kenntniß von der Zersetzung des Phosphorits, da die Pflanzenwurzeln aus dem ihnen überall entgegentretenden rohen phosphorsäurehaltigen Materiale, vermöge ihrer uns schon bekannten lösenden Fähigkeit genügend Phosphorsäure sich aneignen konnten, und da auch das Wasser, das massenhaft zugeführt wurde, um das Material beständig feucht zu erhalten, aus soviel Phosphorit nicht unbedeutende Mengen von Phosphorsäure auflösen mußte.

Wichtiger erscheint der zweite Theil seiner Versuche, worin er Phosphorit mit Torferde und anderen sich zersetzenden organischen Stoffen behandelte, aber aus den so bereiteten Massen weder durch reines noch durch kohlensäurehaltiges Wasser, noch durch Salzlösungen nennenswerthe Mengen von Phosphorsäure ausziehen konnte. Im Widerspruche zu früheren Autoren kommt er zu dem Schlusse, „daß die in dem Boden befindlichen Salzlösungen, die darin auftretende Kohlensäure und die in Zersetzung begriffenen organischen Bestandtheile nur in sehr unbedeutender Weise auf die Umbildung des Phosphorits einzuwirken vermögen". Um aber der bisher immer von Neuem wieder in den Vordergrund geschobenen Theorie von der Aufschließung der Phosphorite durch in Zersetzung begriffene organische Substanzen, nicht entgegenzutreten, läßt er doch die Möglichkeit offen, daß bei seinen Versuchen ein Theil der Phosphorsäure zwar gelöst worden, aber durch Eisen-, Kalk- und Magnesiaverbindungen während der Digestionszeit wieder in unlösliche Verbindungen übergegangen sei. Es wäre immerhin noch möglich, daß in diesen Versuchen die Humussubstanzen nicht unbedeutende Mengen von Phosphorsäure in Lösung gebracht hätten, die während der langen Zeit des Compostirens wieder absorbirt, trotzdem aber doch den Pflanzen um Vieles zugänglicher und daher im Allgemeinen viel werthvoller geworden wären, und daß es nur gelte, ein geeignetes Reagens zu haben, um diese Phosphorsäure genau zu bestimmen. Allerdings hatte Hofäus seine zubereiteten Materialien mit kohlensäurehaltigem Wasser und verschiedenen Salzlösungen ausgezogen, und man hätte wohl annehmen können, daß die gelöst gewesene und dann in feiner Vertheilung niedergeschlagene, also die „absorbirte" Phosphorsäure wenigstens zum Theil dadurch hätte aufgelöst und bestimmt werden müssen. Da es ihm aber in keinem Falle gelungen war, merkliche Phosphorsäuremengen aufzulösen, so wäre, wenn anders die Versuche exact ausgeführt waren, eine Fortsetzung ähnlicher Versuche nicht einladend gewesen, wenn nicht mittlerweile auf der Versuchsstation zu Halle dergleichen begonnen worden wären, welche ein viel günstigeres Resultat erwarten ließen.

Ehe jedoch auf dieselben eingegangen wird, erübrigt es noch, einer letzten

1) Landwirthschaftliche Jahrbücher. 1873. S. 309. „Ueber die Zersetzung des Lahn-Phosphorits."

Veröffentlichung zu gedenken, die erst in jüngster Zeit erschienen ist. Sie rührt von F. Simon her; die darin referirten Versuche wurden auf der Versuchsstation zu Gent ausgeführt[1]). Ausgehend von der Annahme Grandeau's, daß es Doppelverbindungen der organischen Substanz mit den Mineralsubstanzen gebe, und von der von Schumacher und ihm selbst constatirten Thatsache, daß Humus aus löslichen phosphorsauren Salzen (phosphors. Natron oder Ammoniak) bedeutende Mengen von Phosphorsäure entzieht, schließt der Versuchsanstellen, daß Humussäure auch aus vollständig unlöslichem, phosphorsäurehaltigem Material die Phosphorsäure würde aufnehmen können, und versucht, dafür den Beweis experimentell zu liefern. Er stellte Humussäure dar durch Ausziehen von Torf mit Kalilauge und Ausfällen mit Salzsäure und behandelte mit solcher Humussäure sowohl Phosphoritpulver als auch reinen phosphorsauren Kalk. Bei den außerordentlich kleinen Mengen, mit denen er operirte, gelang es ihm, verhältnißmäßig bedeutende Quantitäten der Phosphorsäure in Lösung zu bringen, allerdings in wenigen Milligrammen bestehend, aber in Bezug auf die angewandte Substanz einen sehr hohen Procentsatz repräsentirend. Es wird auf diese Versuche später noch specieller eingegangen werden, zunächst muß es mindestens fraglich erscheinen, ob es als berechtigt angesehen werden kann, aus Zahlen, die so minimalen Mengen entsprechen, Schlüsse zu ziehen.

Wenn man nun sämmtliches bisher gelieferte Versuchsmaterial überschaut, so existirt eine sehr große Anzahl von Erfahrungen aus practischen Düngungsversuchen und Ergebnissen aus exacten agriculturchemischen Arbeiten (Dietrich und König; Dietrich, König und Kiesow; Hosäus ꝛc.) aus denen hervorzugehen scheint, daß die Zersetzung des rohen Phosphorits vermittelst solcher organischen Substanzen, wie sie im Ackerboden auftreten, eine so geringe ist, daß sie keine practische Bedeutung haben kann. Diesen stehen gegenüber die Folgerungen aus den zuletzt angeführten Simon'schen Versuchen, sowie die überraschend massenhafte Aufschließung, welche der Phosphorit bei Compostirung mit Moorerde in der Versuchsstation zu Halle im Jahre 1872 erfahren hatte[2]), und vor Allem der lebhafte berechtigte Wunsch des landwirthschaftlichen Publikums, die Phosphorite nutzbarer gemacht zu sehen.

Hoffentlich tragen die im Folgenden beschriebenen Versuche dazu bei, eine Aufklärung der Ansichten in dieser Beziehung und eine gerechtfertigte Würdigung jener Versuche anzubahnen.

Beschreibung der Versuche.

a. Versuche von 1872.

Die Anfangsversuche waren schon unternommen vor des Referenten Eintritt in die Versuchsstation, er muß sich daher darauf beschränken, dieselben nach ihm gewordenen Ueberlieferungen kurz anzuführen.

1) Die landw. Versuchsstationen. 1875. S. 452. „Die Humuskörper in ihrer Beziehung zur Pflanzenernährung.

2) Zeitschrift des landw. Central-Vereins der Provinz Sachsen. 1873. Heft 4.

Um die Einwirkung der sich zersetzenden organischen Substanzen sowohl, als auch der im Boden vorhandenen übrigen Einflüsse auf den rohen Phosphorit untersuchen zu können, wurde Letzterer mit Erde, mit und ohne Zusatz von Jauche und Häcksel compostirt.

Die Erde war humusarmer Porphyrverwitterungsboden; der Phosphorit stellte ein besonderes reichhaltiges Material von ca. 30 pCt. Phosphorsäure dar.

Außerdem wurden zwei Versuche angestellt, bei denen der Phosphorit mit Moorerde in verschiedenem Verhältnisse gemengt wurde.

Als Mittel, um die im Laufe der Procedur aufgeschlossene, resp. wieder absorbirte Phosphorsäure zu bestimmen, wurde das Digeriren mit citronensaurem Ammoniak, von 1·090 spec. Gew. angewendet, ein Verfahren, daß nach Fresenius, Neubauer und Luck[1]) die sogenannte zurückgegangene Phosphorsäure hinreichend genau auffinden läßt. Man brachte diese Methode in der Weise zur Ausführung, daß von dem zu untersuchenden Material eine bestimmte Menge, und zwar von dem erdigen Gemisch 50 Grm., von dem moorigen 20 Grm., mit 50 Cc. citronensaurem Ammoniak in einer verschlossenen Flasche ½ Stunde lang bei 50° C. digerirt wurden; nach dem Erkalten wurde von der Masse die Flüssigkeit abgesaugt, und in einer bestimmten Menge derselben die Phosphorsäure in der Weise bestimmt, daß man den Auszug eindampfte, veraschte, mit kohlensaurem Natron-Kali schmolz, mit Salzsäure Behufs Abscheidung der Kieselsäure von Neuem eindampfte: endlich in dem von der Kieselsäure geschiedenen Filtrat die Molybdänmethode zur Anwendung brachte. Um nun auf Grund dieser, in einem bestimmten Quantum des abgesaugten Extractes gefundenen, Phosphorsäuremenge, die in der gesammten extrahirten Masse vorhandene zu berechnen, wurden jene 50 Cc. zugefügter Flüssigkeit vermehrt gedacht um den Feuchtigkeitsgehalt der extrahirten Probe. Der Theil, in welchem die Phosphorsäure bestimmt worden, wurde alsdann nicht als ein bestimmter Theil jener 50 Cc., sondern als ein Theil der um die hygroscopische Feuchtigkeit vermehrten Flüssigkeitsmenge betrachtet, und auf Grund dieser Voraussetzung wurde der Gehalt an löslicher Phosphorsäure berechnet. Da ferner anzunehmen war, und durch besondere Versuche auch bestätigt wurde, daß schon von dreibasischen rohen, vollständig unveränderten phosphorsauren Salzen ein bestimmter Antheil in citronensaurem Ammoniak löslich ist, so mußte auch dieser Antheil bestimmt und mit in Rechnung gezogen werden. Es wurde dabei in der Weise verfahren, daß man annahm, die Absorption der gelösten Phosphorsäure geschehe im Boden vermittelst des Eisenoxyd's, die gelöst gewesene und wieder niedergeschlagene Phosphorsäure, also gerade die, auf die es hier ankomme, sei als phosphorsaures Eisenoxyd vorhanden; indem man nun die Lösungsfähigkeit dieses Salzes im frisch gefällten Zustande, sowie auch die Löslichkeit des rohen mineralischen Phosphates experimentell bestimmte, und die Annahme machte, daß zunächst die leichter lösliche absorbirte Phosphorsäure gelöst würde, und erst der von dieser nicht in Anspruch genom-

1) Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie. 1871. S. 152.

mene Theil des Lösungsmittels auf das schwerer angreifbare rohe Material einwirkte, waren die Daten gegeben, um zu berechnen, welcher Antheil der in dem citronensauren Ammoniak-Auszug gefundenen Phosphorsäure aus dem Absorptionszustande, und welcher aus dem rohen Phosphorit herrührte.

Es mag hier gleich bemerkt werden, daß bei der Fortsetzung der Versuche vom Referenten diese Methode nicht beibehalten, sondern das Extrahiren mit citronensaurem Ammoniak in anderer Weise, mehr entsprechend dem von Fresenius, Neubauer und Luck vorgeschlagenen Modus, ausgeführt wurde.

Er wurde zum Aufgeben jener Methode durch mancherlei Rücksichten veranlaßt. Zunächst weiß man, daß, wenn man sehr voluminöse Substanzen mit einer verhältnißmäßig kleinen Menge eines Lösungsmittels kurze Zeit digerirt, man nicht annehmen kann, daß der abfiltrirte Theil der Flüssigkeit die gelösten Stoffe genau in derselben Concentration enthält, wie der in der voluminösen Masse zurückbleibende Flüssigkeitstheil — es gilt das namentlich von solchen Medien, welche organische Bestandtheile enthalten, bei denen die Diffusion der Flüssigkeit durch Pflanzenmembrane eine Rolle spielt, wie es bei der an organischen Resten reichen Moorsubstanz und auch bei der Ackererde der Fall ist. Ferner darf man die Gefahr nicht außer Acht lassen, daß bei dem Erwärmen eines bestimmten Quantums von Flüssigkeit, sowie bei dem Absaugen eines so schwierig filtrirenden Materials die Concentration der Lösung Veränderungen ausgesetzt ist, welche die Richtigkeit der Untersuchungen beeinträchtigen. Endlich konnte die Annahme nicht für ganz berechtigt gehalten werden, daß der Antheil der absorbirten Phosphorsäure an der Gesammtmenge der extrahirten Phosphorsäure nur aus phosphorsaurem Eisenoxyd bestehe; es war mindestens eben so gut möglich, daß auch niedergeschlagener, phosphorsaurer Kalk einen Antheil daran habe, es mußte ja schon früher erwähnt werden, daß von P. Wagner die Absorption der Phosphorsäure durch kohlensauren Kalk nachgewiesen war. Hätte man nun die Löslichkeit des frisch gefällten phosphorsauren Kalkes auch noch als Factor mit herangezogen, so schien die Sache zu complicirt zu werden, abgesehen davon, daß es gar nicht möglich war zu bestimmen, in welchem Verhältniß das phosphorsaure Eisenoxyd und der phosphorsaure Kalk Antheil an der Gesammtsumme der löslichen Salze hatten. Alle diese Momente ließen es dem Referenten richtiger erscheinen, einen anderen Weg der Extraction mit citronensaurem Ammoniak einzuschlagen, der, wenngleich langwieriger, jene erwähnten Fehlerquellen zu umgehen verhieß. Es wurden von der zu untersuchenden luftrocknen Substanz je 10 Grm. mit 50 Cc. einer neutralen Lösung von citronensaurem Ammoniak vom spec. Gew. 1·090 eine halbe Stunde lang bei 50° C. digerirt, nach dem Erkalten die Flüssigkeit mit dem Bunsen'schen Saugapparate abgesogen und der Rückstand auf dem Filter mit der zur Hälfte verdünnten Lösung von citronensaurem Ammoniak 15mal ausgewaschen.

Beim Auswaschen wurde jedesmal so viel Flüssigkeit aufgegossen, daß das schließliche Filtrat immer annähernd genau 200 Cc. betrug. Nach Beendigung dieser Operation konnte, wie weitere Versuche ergaben, fortgesetztes Behandeln

mit jener Auswaschungs-Flüssigkeit nur verschwindend kleine Mengen von Phosphorsäure in Lösung bringen, Spuren, wie sie jene verdünnte Lösung auch beim Uebergießen von unzersetztem rohen Kalkphosphat aufzulösen vermochte.

Wenn citronensaures Ammoniak von jener Concentration, im Ueberschuß angewandt, wirklich die zurückgegangene oder absorbirte Phosphorsäure in Lösung zu bringen vermag, wie es ja nach Fresenius, Neubauer und Luck, so wie nach Versuchen, die wiederholt auf hiesiger Versuchsstation ausgeführt worden sind, ohne Zweifel der Fall ist, so war bei diesem Verfahren sicher am wenigsten zu befürchten, daß das Material nicht vollständig an derselben erschöpft werden würde. Auf der anderen Seite freilich mußte durch die größere Menge des Lösungsmittels nach dieser Methode noch mehr Phosphorsäure aus dem unzersetzten Phosphat aufgelöst werden als in denselben Materialien nach der ersteren, wie denn auch eine Vermehrung der Digestionsflüssigkeit über 50 Cc. hinaus die gelöste Phosphorsäuremenge in demselben Maße um ein kleines aber constantes Quantum steigen ließ; so wurden 10 Grm. mit steigenden Mengen citronensauren Ammoniaks von der ursprünglichen Concentration digerirt und dann in gleicher Weise mit halb concentrirter Lösung ausgewaschen, wobei folgende Mengen von Phosphorsäure im Extracte erhalten wurden:

10	Grm.	digerirt	mit	50	Cc.	ergaben	0·0425	Grm.
10	„	„	„	100	„	„	0·0485	„
10	„	„	„	200	„	„	0·0540	„
10	„	„	„	300	„	„	0·0600	„
10	„	„	„	400	„	„	0·0660	„

Die geringe aber gleichmäßige Steigerung der gelösten Phosphorsäure beweist, daß 50 Cc. Extractionsflüssigkeit schon vollkommen genügt haben, um die leichter lösliche Phosphorsäure zu erschöpfen; ein weitergehendes Extrahiren würde nur die Menge der erst durch das Lösungsmittel in Lösung gebrachten, vorher unveränderten Phosphorsäure vermehren.

Jedenfalls also mußte im Extract beim Digeriren mit 50 Cc. alle leichter lösliche Phosphorsäure vorhanden sein, und der Theil, welcher von den unzersetzten Phosphaten mit in Auflösung ging, mußte in dem nach dieser Methode in größeren Mengen zur Anwendung kommenden Lösungsmittel in den verschiedenen Extracten ein viel gleichmäßigerer sein als dort, so daß also, wenn die Materialien vor und nach dem Versuche auf gleiche Weise mit der gleichen Lösung ausgezogen wurden, das Plus von aufgelöster Phosphorsäure ohne Zweifel der Menge entsprechen mußte, welche durch die Compostirung beweglich gemacht worden war. Diese Präcisirung der Untersuchungsmethode glaubte Referent der weiteren Besprechung der Versuche zunächst voranschicken zu müssen.

Die Compostirung geschah in Kästen von 1 Quadratmeter Grundfläche, aus festen Brettern gezimmert und mit Zinkblech wasserdicht ausgeschlagen. Die Böden der Kästen waren so eingerichtet, daß sie nach der Mitte der einen Seite hin Fall hatten, an welcher Stelle ein Abflußrohr angebracht war, so daß daselbst eventuell abfließende Flüssigkeit aufgefangen werden konnte.

Die Kästen wurden beschickt mit:

Kasten	I	350	Kilo	Erde	+ 35	Kilo	Phosphorit	+ 0	Ltr.	Jauche
„	II	350	„	„	+ 35	„	„	+ 44	„	„
„	III	350	„	„	+ 35	„	„	+ 44	„	„ + 10 Kilo Häckfel
„	IV	350	„	„	+ 2·5	„	„	+ 0	„	„
„	V	350	„	„	+ 2·5	„	„	+ 40	„	„
„	VI	350	„	„	+ 2·5	„	„	+ 44	„	„ + 10 Kilo Häckfel
„	VII	150	„	Torferde	+ 35	„	„	+ 62	„	„
„	VIII	125	„	„	+ 2·5	„	„	+ 53	„	„

Nachdem der Inhalt der Kästen während des Sommers wiederholt umarbeitet und befeuchtet worden war, wurden nach circa halbjähriger Dauer des Versuchs im Herbst 1872 davon Durchschnittsproben genommen.

Die Untersuchung dieses Materials nach der ersten Methode ergab an leicht löslicher Phosphorsäure:

		Vor dem Versuch		Nach dem Versuch		Zunahme	
Kasten	I	0·165	Kilo	0·164	Kilo	—	Kilo
„	II	0·168	„	0·157	„	—	„
„	III	0·189	„	0·177	„	—	„
„	IV	0·165	„	0·145	„	—	„
„	V	0·168	„	0·149	„	—	„
„	VI	0·189	„	0·187	„	—	„
„	VII	0·099	„	2·057	„	1·958	„
„	VIII	0·083	„	0·428	„	0·345	„

Es war also durch Compostiren mit Erde, trotzdem durch Zumischen von Häckfel, der im Verlaufe der Procedur dem Verrotten anheimgefallen war, sowie von Jauche reichliche Mengen von in Zersetzung begriffener organischer Substanz vorhanden gewesen waren, nicht die geringste Spur von Phosphorsäure löslich gemacht worden — das geringe Manko an löslicher Phosphorsäure in diesen Kästen nach dem Versuch rührt wohl von geringen Bestimmungsfehlern, hervorgerufen durch den Gang der Methode, her. Dagegen hatte in den beiden Kästen, in denen eine Compostirung des Phosphorits mit Moorerde stattgefunden hatte, die Menge der leichter löslichen Phosphorsäure eine so bedeutende Steigerung erfahren, daß allerdings eine weitere Verfolgung der Versuche in dieser Richtung zu den besten Erwartungen berechtigen mußte; denn es waren im Kasten VII, bei sehr reichlichem Vorhandensein von Phosphorit, 21·5 pCt., im Kasten VIII, in welchem der Phosphorit nur in verhältnißmäßig geringer Menge der Wirkung der Moorsubstanz ausgesetzt gewesen war, 47·1 pCt. der gesammten Phosphorsäure löslich geworden.

Durch das Resultat des einen Versuches, bei dem eine so über Erwarten massenhafte Aufschließung des Phosphorits vermittelst der Moorsubstanz stattgefunden hatte, konnte die Frage natürlich keineswegs als abgeschlossen betrachtet werden, es wurden daher im Sommer 1873 weitere Versuche in größerem Maßstabe, mit mannigfaltigerem Material angestellt, und mit sorgfältigster Genauigkeit und Reinlichkeit durchgeführt.

Versuche von 1873.

Von nun ab wurden alle Bestimmungen der leichter löslichen Phosphorsäure durch Extrahiren mit citronensaurem Ammoniak nach der oben beschriebenen zweiten Methode ausgeführt; gleichzeitig wurde in allen Proben der Wassergehalt durch Trockenen im Wasserbade in Liebig'schen Trockenröhren, durch die ein kontinuirlicher Strom von Wasserstoffgas geleitet wurde, bestimmt. Auf Grund dieser Bestimmungen konnte der Gehalt an Phosphorsäure in der Trockensubstanz genau berechnet werden.

Die Menge der Gesammt-Phosphorsäure wurde in der Weise gefunden, daß bestimmte Gewichtsmengen der Proben verascht, und die Aschen mehrmals mit konzentrirter Salzsäure eingedampft wurden: in den vom unlöslichen Rückstand und der Kieselsäure abfiltrirten salpetersauren Flüssigkeiten wurde die Phosphorsäure durch die Molybdänmethode bestimmt.

Das Material, das im Sommer 1872 zur Kompostirung verwandt worden war, hatte man, nach Entnahme der Proben im Herbst, in den Kästen belassen, und hatte es daher feucht, während des ganzen Winters hindurch unberührt, gelagert bis zum Juni 1873, als die Kästen zur Aufnahme neuer Versuchsobjekte entleert werden mußten. Es gab daher ausgezeichnete Gelegenheit, zu bestimmen, ob während dieses langen Lagerns noch eine nachträgliche Aufschließung stattgefunden hatte, und wurde es daher der näheren Untersuchung unterworfen. Da aber, wie nicht anders zu erwarten, die Phosphorsäurebestimmungen durch Extrahiren nach der von uns adoptirten Methode Zahlen ergaben, die mit jenen im Herbst 1872 nach der früheren Methode gefundenen nicht in Vergleich gestellt werden konnten, so blieb nichts anderes übrig, als in den noch vom vorhergehenden Herbst vorhandenen Proben dieselben Bestimmungen auszuführen.

Es wurde gefunden:

	Proben vom Herbst 1872.		Proben vom Juni 1873.		
	Trockensubstanz pCt.	Lösl. Phosphorsäure in pCt. der Trockensubstanz.	Trockensubstanz pCt.	in der Trockensubstanz.	
				Gesammt-Phosphorsäure pCt.	Leichtlösliche Phosphorsäure pCt.
Kasten I.	98·81	0·268	97·19	2·955	0·286
„ II.	98·65	0·285	94·54	2·931	0·332
„ III.	98·56	0·282	95·01	2·862	0·336
„ IV.	98·90	0·266	96·71	0·575	0·275
„ V.	99·36	0·261	95·73	0·570	0·271
„ VI.	98·90	0·259	96·61	0·562	0·265
„ VII.	91·11	2·021	93·62	6·345	2·367
„ VIII.	94·26	0·501	92·33	0·843	0·494

Der Inhalt der Kästen war im Herbst 1872 gewogen und die Trockensubstanz bestimmt worden; ebenso waren die in den einzelnen Kästen enthaltenen Mengen von Gesammtphosphorsäure schon damals genau bestimmt.

Wir erhalten somit bei Zuhilfenahme der vorigen die folgende Tabelle:

	Herbst 1872.				Juni 1873.
	Gewicht der Trockensubstanz im Kasten. Kilo.	Gesammtmenge d. Phosphorsäure im Kasten. Kilo.	Gesammtmenge d leichtlöslichen Phosphorsäure im Kasten. Kilo.	V. d. Gesammt-Phosphorsäure f. leicht löslich pCt.	V. d. Gesammt-Phosphorsäure f. leicht löslich pCt.
Kasten I.	348·76	10·049	0·935	9·30	9·68
„ II.	340·71	10·052	0·971	9·66	11·33
„ III.	353·17	10·073	0·996	9·89	11·74
„ IV.	315·90	1·665	0·840	50·45	47·83
„ V.	318·05	1·667	0·830	49·79	47·54
„ VI.	322·10	1·689	0·834	49·38	47·15
„ VII.	150·77	9·133	3·047	33·36	37·30.
„ VIII.	97·80	0·733	0·490	66·85	58·60

Die Menge der leichter löslichen Phosphorsäure hatte allerdings durch das ungefähr dreivierteljährige Lagern des Materials in den meisten Fällen eine Steigerung erfahren, doch ist das Maß dieser Steigerung ein so geringes, daß es als verschwindend angesehen werden kann.

Es sind also die in der gewöhnlichen Ackererde vorhandenen Agentien auch bei längerer Berührung mit dem Phosphorit nicht im Stande, in demselben erhebliche Umsetzungen hervorzurufen. In Bezug auf die Moorerde aber stellt sich das nicht unwichtige Resultat heraus, daß, wenn auch dieselbe ihrer Beschaffenheit nach befähigt ist, auf mineralische Phosphate in bedeutendem Grade einzuwirken, diese Fähigkeit doch bald erschöpft wird.

Durch die im Sommer 1873 neu in Angriff genommenen Versuche sollte also nun vor Allem die Wirkung der Moorsubstanz auf den rohen Phosphorit festgestellt werden. Selbst wenn hätte erwartet werden können, daß in jedem Falle ein ähnliches Resultat erzielt werden würde, so durften jene ersten Versuche doch nur als Vorversuche gelten, die noch der Bestätigung dringend bedurften, eben weil bisher noch in keinem Falle eine der Moorerde in diesem Maße zukommende Eigenschaft exakt beobachtet worden war. Dann aber mußte versucht werden, zu erforschen, welche von den Bestandtheilen der Moorerde jene günstige Wirkung hervorgebracht hatten, um an die Möglichkeit denken zu können, in jedem anderen Falle, auch wo keine Moorsubstanz zur Verfügung steht, durch

solche Verhältnisse, welche in jedem landwirthschaftlichen Betriebe hergestellt werden können, den Phosphorit zu ähnlicher Zersetzung zu bringen. Es mußten daher die in der landwirthschaftlichen Praxis in größerer Menge zu Gebote stehenden Materialien, von denen eine ähnliche Wirkung, oder eine Beschleunigung derselben erwartet werden konnte, durchgeprüft werden. Das konnten hauptsächlich nur die in Zersetzung befindlichen organischen Stoffe sein, also vor Allem der Stallmist und die Jauche, ferner der Erdboden mit seinen sich zersetzenden organischen Resten, sowie seinen beweglichen mineralischen Bestandtheilen.

Es erschien darum vortheilhaft, die Moorsubstanz sowohl mit als auch ohne Zumischung von Jauche, in Anwendung zu bringen, ferner sollte mit Moorerde der Einfluß eines reinen Ammoniaksalzes, wozu schwefelsaures Ammoniak gewählt wurde, geprüft werden, um noch daraus schließen zu können, welche Bestandtheile der Jauche einen eventuellen Einfluß hervorgebracht haben. Ferner wurde das Verhalten von Erdarten mit verschiedenem Humusgehalt — dieselben wurden überdies noch so gewählt, daß sie auch verschiedenen Gehalt an kohlensaurem Kalk hatten — der Untersuchung unterworfen, und zwar ebenfalls sowohl bei Gegenwart als bei Abwesenheit von Jauche. Ebenso sollte geprüft werden, wie Fermentirung mit Mist wirken würde, und endlich, wie sich die Verhältnisse bei Gegenwart von Kalisalz gestalteten ob vielleicht solches die Rolle der Jauche oder der daraus sich bildenden Ammoniaksalze vertreten könnte. Die Erdmengen sowohl wie die Moorsubstanz wurden mit 10 Prozent der lufttrockenen Substanz an Phosphorit kompostirt.

Als Versuchsobjekt diente ein Phosphorit, welcher enthielt:

13·55 pCt. Phosphorsäure,
19·52 „ Kalk,
16·97 „ Eisenoxyd und Thonerde,
38·84 „ in Königswasser unlöslichen Rückstand,
0·89 „ in Königswasser auflösliche Kieselsäure,
0·20 „ Schwefelsäure,
2·53 „ Magnesia,
1·91 „ Kohlensäure,
1·53 „ Wasser,
geringe Mengen von Alkalien und Fluor.

Es war also einer der geringstwerthigen.

Die zur Anstellung der Versuche dienenden Erdarten wurden der mechanischen Bodenanalyse unterworfen, nach der bekannten, im physiologischen Laboratorium des landwirthschaftlichen Instituts zu Halle angewendeten Methode, mit Hilfe des von Kühn eingeführten Schlemmcylinders. Die organische Substanz der Materialien wurde durch Oxydirung mit Chromsäure und Auffangen der Kohlensäure im Kaliapparat (E. Wolff, Anleitung zur chem. Untersuchung landwirthschaftlicher wichtiger Stoffe, S. 30) bestimmt. Doch wurden durch dieses Ver-

fahren nur wenig übereinstimmende Resultate erhalten; es sind daher in folgender Uebersicht neben die Durchschnittszahlen aus 2 bis 3 solcher Bestimmungen die Differenzen aus Glühverlust und hygroskopisch gebundenem Wasser gesetzt. Diese letzteren Differenzen geben also die Summe aus Humus und chemisch gebundenem Wasser an.

Der Glühverlust wurde so bestimmt, daß die Substanz bei kleiner Flamme verascht, die Aschen so lange mit Kohlensäure haltigem Wasser befeuchtet und wieder geglüht wurden, bis sie konstantes Gewicht behielten.

Sämmtliche analytische Zahlen der gesammten vorliegenden Arbeit sind, mit Ausnahme der vorhin angeführten Humusbestimmungen, die Mittel aus zwei bis vier fast genau übereinstimmenden Analysen.

In folgender Uebersicht gelten die Zahlen für organische Substanz und Humus plus chemisch gebundenes Wasser für Trockensubstanz.

Zur Kompostirung wurden verwandt:

1. Moorerde aus Fienrode bei Genthin,
   51·240 pCt. organ. Subst. (mit $Cr{\cdot}O^3$ bestimmt),
   55·942 „ Humus + chemisch gebundenes Wasser.
2. Saurer Humus aus einem Bruch bei der Dölauer Haide, reichlich Tertiär- und Porphyrsand enthaltend.
   17·764 pCt. organ. Substanz (mit $Cr.O^3$ bestimmt),
   19·171 „ Humus + chem. gebundenes Wasser,

   Die mechanische Analyse ergab:

im 3 Mm. Siebe	—
„ 2 „ „	—
„ 1 „ „	0·91 pCt.
„ ½ „ „	5·16 „
durch das ½ Mm. Sieb gefallen . .	46·44 „
Feinerde	47·49 „

3. Ackererde aus Reideburger Flur, reichlich Mergel enthaltend (sehr humoser Diluvialmergelboden),
   7·314 pCt. organ. Subst. (mit $Cr{\cdot}O^3$ bestimmt),
   7·632 „ Humus + chem. gebund. Wasser.

   Die mechanische Analyse ergab:

im 3 Mm. Siebe	0·45 pCt.
„ 2 „ „	1·48 „
„ 1 „ „	0·97 „
„ ½ „ „	6·13 „
durch das ½ Mm. Sieb gefallen . .	50·28 „
Feinerde	40·69 „

4. Ackererde aus Diemitzer Flur (humoser Diluviallehmboden), mit Säure schwach brausend,
   2·61 pCt. organ. Subst (mit $Cr{\cdot}O^3$ bestimmt.)
   3·40 „ Humus + chem. gebundenes Wasser.

Die mechanische Analyse ergab:

im 3 Mm. Siebe	0·67 pCt.
„ 2 „ „	1·35 „
„ 1 „ „	1·04 „
„ ½ „ „	5·71 „
durch das ½ Mm. Sieb gefallen . .	61·09 „
Feinerde	30·14 „

5. Erde von einem Eisenbahnausstich vor dem Steinthor (humoser Diluvial-Lehmboden), keinen kohlensauren Kalk enthaltend,
   3·21 pCt. organ. Substanz (mit CrO^3) best.)
   3·76 „ Humus + chem. gebund. Wasser.
   Die mechanische Analyse ergab:

im 3 Mm. Siebe	— pCt.
„ 2 „ „	0·67 „
„ 1 „ „	1·21 „
„ ½ „ „	6·49 „
durch das ½ Mm. Sieb gefallen	56·59 „
Feinerde	35·04 „

6. Pferdemist.
   Das Kalisalz hatte folgende Zusammensetzung:

29·01 pCt.	schwefelsaur. Kali,
1·21 „	schwefelsaur. Kalk,
4·48 „	schwefelsaure Magnesia,
18·29 „	Chlormagnesium,
35·66 „	Chlornatrium,
0·60 „	Unlösliches,
11·54 „	Wasser.
100·79 pCt.	

Sämmtliche Erdmengen und die Moorsubstanz wurden zunächst lufttrocken gemacht, zerstampft und fein gesiebt, ebenso der Phosphorit. Nach mehrmaligem Durchmischen wurden von jeder Erdart größere Durchschnittsproben genommen und in festschließenden Flaschen zu baldigster Untersuchung aufgehoben. Nur der Mist kam so feucht, wie er war, zur Verwendung, und, um Material zur Analyse zu bekommen, wurde vom Ganzen eine dem Durchschnitt entsprechende Menge von 20·660 Kilo entnommen, in dünner Schicht ausgebreitet und schnell lufttrocken gemacht: sie wog dann noch 7·570 Kilo, so daß in dem frischen eingebrachten Mist 36·64 pCt. lufttrockene Substanz war. Von dieser restirenden lufttrockenen Masse wurde die Durchschnittsprobe so entnommen, daß von der möglichst gleichmäßigen, dünn gebreiteten Schicht ein Quadrat herausgeschnitten und sorgfältig mit Hülfe einer Federfahne sammt allem dazu gehörigen Staub in die zur Aufbewahrung bestimmten Flaschen gebracht wurde.

Vor dem Füllen der Kästen wurden von den lufttrockenen Substanzen bestimmte Mengen abgewogen und mehrmals auf fester, glatter Unterlage auf das

Innigste und Gleichmäßigste mit so viel Phosphorit gemengt, daß derselbe 10 pCt. der Mischung ausmachte. Dieses gleichmäßige Gemisch wurde dann in die Kästen eingewogen und dabei vollständig mit Wasser durchfeuchtet. Die Beschickung der Kästen geschah am 10. Juli in folgender Weise:

Kasten I. 240 Kilo Gemisch, enthaltend 216 Kilo lufttrockene Moorsubstanz und 24 Kilo Phosphorit, sollte immer nur mit Wasser feucht erhalten werden.

Kasten II. Wie vorhin. 216 Kilo Moorerde und 24 Kilo Phosphorit wurde am 18. Juli mit 8 Liter, am 24. Juli mit 4 Liter,

Sa. 12 Ltr. Jauche,

à Ltr. 15·554 Gr. N. = 186·65 Gr. N; 0·04 Gr. P^2O^5 = 0·48 Gr. P^2O^5

am 4. August mit 18 Ltr. Jauche

à Ltr. 17·91 Gr. N. = 322·40 Gr. N; 0·06 Gr. P^2O^5 = 1·08 Gr. P^2O^5

am 4. September mit 18 Ltr. Jauche

à Ltr. 15,42 Gr. N. = 277 56 Gr. N; 0·033 Gr. P^2O^5 = 0·59 Gr. P^2O^5

Sa. 48 Ltr. mit 786·61 Gr. Stickstoff und 2·15 Gr. Phosphorsäure

sorgfältig durchgemengt, so daß die Mischung fortwährend feucht blieb.

Kasten III. Wie vorhin 216 Kilo Moorerde und 24 Kilo Phosphorit mit 5 Kilo schwefelsaurem Ammoniak à 20·64 pCt. Stickstoff innig gemengt und mit Wasser fortwährend feucht erhalten.

Kasten IV. 294 Kilo Gemisch, enthaltend 264·6 Kilo sauren Humus (unter 2 beschrieben) und 29·4 Kilo Phosphorit, mit Wasser feucht erhalten.

Kasten V. Dasselbe Gemisch von 264·6 Kilo saurem Humus und 29·4 Kilo Phosphorit, wie oben Kasten II, feucht erhalten mit im Ganzen 62½ Liter Jauche, enthaltend in Summa 1098·18 Gr. Stickstoff und 2·52 Gr. Phosphorsäure.

Kasten VI. 239 Kilo Gemisch aus 215·1 Kilo Reideburger Erde (ad 3) und 23·9 Kilo Phosphorit, wie oben mit in Summa 46 Liter Jauche, enthaltend 777·69 Gr. Stickstoff und 1·84 Gr. Phosphorsäure.

Kasten VII. 350 Kilo Gemisch aus 315 Kilo Diemitzer Erde (ad 4) und 35 Kilo Phosphorit, mit Wasser feucht erhalten.

Kasten VIII. Dasselbe Gemisch von 315 Kilo Diemitzer Erde und 35 Kilo Phosphorit, wie oben mit in Summa 70 Liter Jauche, enthaltend 1188·71 Gr. Stickstoff und 3·12 Gr. Phosphorsäure.

Kasten IX. 350 Kilo Gemisch von 315 Kilo Erde, unter 5 beschrieben, 35 Kilo Phosphorit und 11¾ Kilo Kalisalz, mit Wasser feucht erhalten.

Kasten X. Dasselbe Gemisch von 315 Kilo Erde, 35 Kilo Phosphorit und 11¾ Kilo Kalisalz, wie oben mit in Summa 54 Liter Jauche, enthaltend 942 Gr. Stickstoff und 2·59 Gr. Phosphorsäure.

Kasten XI. 120 Kilo Pferdemist und 30 Kilo Phosphorit wurden in den Kasten gewogen und hier gemischt. Als Grundlage wurde eine Erdschicht von 60 Kilo Gemisch gegeben, aus Erde ad 4 und ad 5 gemischt, eine gleiche Schicht als Decke.

Kasten XII. Wie der vorige, außerdem 18 Liter Jauche mit 312·97 Gr. Stickstoff und 1·00 Gr. Phosphorsäure.

Kasten XIII. Wie XI, der Mist wurde noch mit 18·5 Kilo Kochsalz gemischt.

Die aufgebrachte Jauche war reiner Ochsenharn, der in einem großen Ochsenstalle durch unmittelbares Sammeln von den Thieren gewonnen wurde. Wenn er auch so frisch wie möglich zur Anwendung kam, so konnte doch, da die Ansammlung eines Ballons immerhin einige Zeit in Anspruch nahm, die Möglichkeit einer beginnenden Zersetzung vor dem Aufbringen nicht ausgeschlossen werden. Wenigstens war bei den mit Jauche versehenen Kästen ein Geruch nach Ammoniak deutlich wahrzunehmen.

Von jedem Ballon wurde jedesmal unmittelbar vor der Verwendung eine Probe entnommen und sogleich analysirt.

Der Stickstoff wurde so bestimmt, daß 10 Cc. mit gebranntem Gyps und Salzsäure in Hofmeister'schen Schälchen eingedampft, sammt Letzteren in bedecktem Mörser zerrieben und mit Natronkalk verbrannt wurden. Das entstehende Ammoniak wurde durch Titration gefunden.

Die Bestimmung der Phosphorsäure geschah in der Weise, daß 500 Cc. in einer Platinschale eingedampft, mit kohlensaurem Natron-Kali geschmolzen und in Salpetersäure aufgelöst wurden, worauf die sogenannte Molybdänmethode, nach dem in hiesiger Versuchsstation geprüften Modus[1]) zur Anwendung kam.

Die Mengen der im Harn zugeführten Phosphorsäure waren aber so gering, daß sie füglich außer Acht gelassen werden könnten.

Die Mist enthaltenden Kästen hielten sich so feucht, daß fortwährend Flüssigkeit langsam aus dem Abflußrohr abtropfte, weshalb es auch nicht möglich war, in Kasten XII mehr als 18 Liter Jauche zu bringen. Sie wurden daher mit Holzdeckeln versehen, welche aber immer nur bei Regenwetter aufgelegt wurden.

Das abgeflossene Wasser wurde immer wieder aufgegossen, doch mußte schließlich von jedem ein Rest, der nicht mehr aufgesaugt wurde, zurückbehalten und besonders untersucht werden.

Am feuchtesten hielt sich der Kalisalz enthaltende Kasten XIII, wie auch von den übrigen Kästen die beiden Kalisalz enthaltenden Nr. IX und X sich immer am längsten feucht erhielten.

Um eine ungefähre Vergleichung der im Mist und in der Moorerde stattfindenden Zersetzungsprozesse zu erhalten, wurden in Kasten II (Moorerde mit Jauche), Kasten XII (Mist mit Jauche), Kasten XIII (Mist mit Kalisalz) Thermometer bis zur Mitte der Masse eingesenkt, die Temperaturen täglich beobachtet und mit denen eines Thermometers verglichen, das in unmittelbarer Nähe der Kästen im Garten einen Fuß tief angebracht war.

Während des ersten Monats war die Temperatur in Kasten XII ca. 10° [2]) in Kasten XIII ca. 7°, in Kasten II ca. 2·5° höher als im Garten.

Im zweiten Monat sank die Differenz in Kasten XII bis auf ca. 5°, in

1) Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie. 1873. S. 239 u. ff.
2) Grade der Reaumur'schen Scala.

Kasten XIII bis auf ca. 2°, in Kasten II bis auf ca. 1°, im dritten und vierten Monat verschwanden die Differenzen allmählig.

Während so die Versuche im Gange waren, wurden die zur Anwendung gekommenen Materialien der analytischen Untersuchung unterzogen.

Um zur Analyse geeignete Substanz zu haben, wurden sämmtliche entnommene Proben, auch die Mistprobe, auf einer Mühle gemahlen und durch ein feines Sieb von $\frac{1}{2}$ Mm. Maschenweite geschlagen, der nicht durch das Sieb hindurchgehende Rest wurde immer wieder gemahlen und abgesiebt, bis Alles hindurchging.

Nur so konnten gleichmäßige große Proben erhalten werden, die durch ihre ganze Masse hindurch dem Durchschnitt des verwendeten Materials entsprachen, und war es möglich, bei Analysirung kleiner Gewichtsmengen übereinstimmende Resultate zu erhalten.

Es wurde in allen Proben außer Wasser die gesammte, sowie die in citronensaurem Ammoniak lösliche Phosphorsäure bestimmt.

Die Bestimmungen der Phosphorsäuremengen der vor Beginn des Versuchs in die Versuchskästen gewogenen Materialien geschah in der Weise, daß von dem Kompostirungsmaterial allein (Erde, Moorsubstanz ꝛc.) 10 Grm. auf die oben beschriebene Weise extrahirt wurden, und daß auch der Phosphorit für sich auf dieselbe Weise behandelt wurde; nur wurde bei dem Letzteren weniger Substanz angewendet, damit nicht durch Vorhandensein größerer Mengen unzersetzter phosphorsaurer Salze die lösende Wirkung des citronensauren Ammoniaks modifizirt würde. Es wurden daher nur ca. 2—3 Grm. Phosphorit in Behandlung genommen.

Die so gewonnenen analytischen Resultate sind folgende:

Material.	Wasser.	In der Trockensubstanz	
		gesammte Phosphorsäure.	in citronens. Ammoniak lösl. Phosphorsäure.
1) Moorerde zu Kasten I, II und III . .	23·011 pCt.	0·192 pCt.	0·062 pCt.
2) Saurer Humus zu Kasten IV und V .	19·775 „	0·161 „	0·098 „
3) Reideburger Erde zu Kasten VI . . .	5·209 „	0·161 „	0·042 „
4) Diemitzer Erde zu Kasten VII und VIII	4·450 „	0·220 „	0·121 „
5) Erde zu Kasten IX und X	4·315 „	0·128 „	0·040 „
6) Pferdemist zu Kasten XI, XII und XIII	1·2701 „	1·058 „	0·870 „
7) Erde zur Grundlage und Decke der Mistkästen	4·707 „	0·159 „	0·066 „
8) Phosphorit	1·530 „	13·760 „	0·368 „

Aus diesen Zahlen ergeben sich durch Rechnung folgende Mengen an Trockensubstanz und Phosphorsäure für die einzelnen Kästen:

	Trockensubstanz. Kilo.	Gesammt-Phosphorsäure. Kilo.	In citronens. Ammoniak lösl. Phosphorsäure. Kilo.
Kasten I. Moorerde	166·296	0·319	0·103
Phosphorit	23·633	3·252	0·087
Summa	189·929	3·571	0·190
Kasten II. Dasselbe	189·929	3·571	0·190
Jauche		0·002	0·002
Summa		3·573	0·192
Kasten III. Wie Kasten I	189·929	3·571	0·190
Dazu schwefels. Ammoniak	4·984	—	—
Summa	194·913	3·571	0·190
Kasten IV. Humose Erde	212·275	0·342	0·208
Phosphorit	28·950	3·984	0·107
Summa	241·225	4·326	0·315
Kasten V. Dasselbe			
Jauche		0·003	0·003
Summa		4·329	0·318
Kasten VI. Erde von Reideburg	203·895	0·328	0·0856
Phosphorit	23·534	3·238	0·0866
Jauche		0·002	0·0018
Summa		3·568	0·1740
Kasten VII. Erde von Diemitz	300·982	0·662	0·364
Phosphorit	34·465	4·742	0·127
Summa	335·447	5·404	0·491
Kasten VIII. Dasselbe			
Jauche		0·003	0·003
Summa		5·407	0·494
Kasten IX. Erde	301·975	0·387	0·121
Phosphorit	34·465	4·742	0·127
Kalisalz à 11, 54 pCt. H^2O	10·39	—	—
Summa	346·830	5·129	0·248
Kasten X. Dasselbe			
Jauche		0·003	0·003
Summa		5·132	0·251
Kasten XI. Mist	39·012	0·4127	0·339
Erde	114·350	0·1818	0·075
Phosphorit	29·540	4·0646	0·109
Summa	182·902	4·659	0·523
Kasten XII. Dasselbe. Dazu Jauche		0·001	0·001
Summa		4·660	0·524
Kasten XIII. Wie Kasten XI.	182·902	4·659	0·523
Kalisalz	16·365	—	—
Summa	189·267	4·659	0·523

In der Jauche war die Trockensubstanz nicht bestimmt worden, es konnte daher nicht genau festgestellt werden, wie viel Trockensubstanz in Summa in die mit Jauche versehenen Kästen eingebracht worden war, doch gaben die Veränderungen im Trockensubstanzgehalte der anderen Kästen schon ein deutliches Bild von der Größe der darin vor sich gegangenen Umsetzungen.

Die durch die Jauche zugeführte Phosphorsäure, die wegen ihrer geringen Menge die Zahlen nicht erheblich beeinflußte, konnte jedenfalls als leichter lösliche betrachtet werden, sie wurde daher mit bei der in citronensaurem Ammoniak löslichen berechnet.

Am 19. November wurde mit der Aufnahme der Mistkästen begonnen, da Temperaturdifferenzen schon seit einem Monat nicht mehr beobachtet werden konnten.

Bei der Aufnahme zeigte sich, daß der Mist in Kasten XI und XII so weit verrottet war, daß er sich mit der Hand zu einer gut gleichmäßigen Masse zusammenkneten ließ, und die Strohhalme dem Zerreißen fast nicht den geringsten Widerstand entgegensetzten.

Dagegen hatte sich der Mist in Kasten XIII, jedenfalls durch die konservirende Wirkung des Kalisalzes, unzersetzter erhalten. Das Stroh zeigte viel deutlichere Struktur als bei den übrigen Kästen und ließ sich viel schwerer zerreißen.

Bei der Aufnahme wurde, um eine möglichst genaue Durchschnittsprobe zu erhalten, so verfahren, daß der gesammte Inhalt eines jeden Kastens (Mist und Phosphorit mit der darunter und darüber liegenden Erdschicht) vollständig rein herausgenommen, gewogen und auf einen platten, cementirten Fußboden gebracht wurde.

Hier wurde das Ganze sorgfältig mit Stampfeisen zerstampft, dabei zugleich innig gemengt und auf dem Fußboden in gleichmäßiger Schicht ausgebreitet, in Gestalt eines Vierecks.

Von diesem Viereck wurden systematisch bestimmte Stellen vollständig bis auf den Boden genau herausgenommen, die so gewonnene Masse wieder gemengt und in einem Viereck ausgebreitet, aus welchem wieder systematisch bestimmte Streifen herausgeschnitten wurden.

Die so schließlich erhaltene Masse wurde noch mit den Händen zerknetet und gemengt, und endlich davon je zwei größere Schalen gefüllt, in welchen diese Proben zunächst an einem warmen Orte getrocknet, dann einige Tage bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen und schließlich in lufttrockenem Zustande gewogen wurden.

Am 16. Dezember wurden die Kästen I, II, III, IV und V, am 29. die Kästen VI und VII und am 30. die Kästen VIII, IX und X geleert, in derselben Weise, wie vorhin von den zuerst aufgenommenen Kästen beschrieben, der Inhalt behandelt, die Proben entnommen und die lufttrockene Substanz gewogen.

Die dadurch erhaltenen Daten sind folgende:

	Gewicht der feucht herausgenommenen Masse. Kilo.	Gewicht der feuchten Probe. Kilo.	Gewicht d. lufttrockenen Probe. Kilo.	Procente an lufttrockener Substanz.
Kasten I.	361·670	3·180	1·820	57·233
„ II.	377·730	3·280	2·030	61·890
„ III.	376·910	4·380	2·630	60·046
„ IV.	403·010	4·370	2·640	60·412
„ V.	414·660	4·700	2·755	58·617
„ VI.	287·040	6·490	5·170	79·661
„ VII.	398·230	6·440	5·450	84·627
„ VIII.	401·100	5·880	4·950	84·184
„ IX.	407·040	5·760	4·920	85·417
„ X.	402·300	8·400	7·175	85·417
„ XI.	297·280	12·140	7·350	60·540
„ XII.	302·910	12·020	7·130	59·318
„ XIII.	333·510	13·130	7·890	60·091

In den lufttrockenen Substanzen wurden das Wasser, die gesammte und die in citronensaurem Ammoniak lösliche Phosphorsäure in der oben beschriebenen Weise bestimmt.

Die so gefundenen Zahlen sind in folgender Tabelle zusammengestellt: (s. S.184.)

Durch Rechnung ergeben sich daraus wieder folgende Mengen für Trockensubstanz und Phosphorsäure für die ganzen Kästen: (s. S. 184.)

	Wasser pCt.	In der Trockensubstanz.	
		Gesammte Phosphorsäure pCt.	In citronens. Ammoniak lösliche Phosphorsäure pCt.
Kasten I.	11·509	1·987	0·202
„ II.	19·826	1·822	0·232
„ III.	19·527	1·873	0·239
„ IV.	3·940	1·863	0·149
„ V.	2·728	1·825	0·180
„ VI.	1·774	1·583	0·111
„ VII.	1·470	1·715	0·203
„ VIII.	1·559	1·629	0·233
„ IX.	5·243	1·491	0·112
„ X.	4·315	1·509	0·119
„ XI.	2·264	2·631	0·306
„ XII.	2·153	2·594	0·332
„ XIII.	2·835	2·303	0·311

	Trockensubstanz. Kilo.	Gesammt-Phosphorsäure. Kilo.	In citronensaurem Ammoniak lösliche Phosphorsäure. Kilo.
Kasten I.	183·171	3·640	0·370
„ II.	187·430	3·415	0·435
„ III.	182·127	3·411	0·435
„ IV.	233·875	4·357	0·348
„ V.	236·431	4·315	0·426
„ VI.	224·689	3·557	0·2494
„ VII.	331·055	5·678	0·672
„ VIII.	332·400	5·415	0·774
„ IX.	329·454	4·912	0·369
„ X.	328·804	4·962	0·391
„ XI.	175·898	4·630	0·538
„ XII.	175·812	4·560	0·584
„ XIII.	194·726	4·480	0·606

Mit diesen Tabellen ist das Material zur Beurtheilung der aus den Versuchen erhaltenen Resultate gegeben. Es mögen zur besseren Uebersicht die zu vergleichenden Zahlen noch einmal neben einander gestellt werden:

	Trockensubstanz.		Gesammt-Phosphorsäure.		In citronens. Ammoniak. lösl. Phosphors.	
	Vor dem Versuche. Kilo.	Nach dem Versuche. Kilo.	Vor dem Versuche. Kilo.	Nach dem Versuche. Kilo.	Vor dem Versuche. Kilo.	Nach dem Versuche. Kilo.
Kasten I.	189·929	183·171	3·571	3·640	0·190	0·370
„ II.	—	187·430	3·573	3·415	0·192	0·435
„ III.	194·913	181·127	3·571	3 411	0·190	0·435
„ IV.	241·225	233·875	4·326	4·357	0·315	0·348
„ V.	?	236·431	4·329	4·315	0·318	0·426
„ VI.	?	224·689	3·568	3·557	0·174	0·249
„ VII.	355·447	331'055	5·404	5·678	0·491	0·672
„ VIII.	?	332·400	5·407	5·415	0·494	0·774
„ IX.	346·830	329·454	5·129	4·912	0·248	0·369
„ X.	?	328·804	5·132	4·962	0·251	0·391
„ XI.	182·902	175·898	4·659	4·630	0·523	0·538
„ XII.	?	175·812	4·660	4·560	0·524	0·584
„ XIII.	189·267	194·726	4·659	4·480	0·523	0·606

Die Mengen der Gesammtphosphorsäure zeigen allerdings, bei genügender Uebereinstimmung der meisten Zahlen, einige, allerdings nur kleine Differenzen, die wahrscheinlich davon herrühren, daß es nicht leicht möglich ist, bei so großen Proben so feuchten Materials, wie es hier vorlag, konstante Werthe für die lufttrockene Substanz zu bekommen. Wenigstens steht nicht zu befürchten, daß aus den Kästen, in welchen die aus dem Prozentgehalt der Trockensubstanz berechneten Gesammtphosphorsäuremengen nach dem Versuche kleiner ausfielen als vor demselben, etwa leichter lösliche Phosphorsäure fortgeschwemmt sei: da einerseits die Kästen genügend dicht schlossen, andererseits den Ausfällen ebenso viel Ueberschüsse gegenüberstehen. Die Differenzen sind also nicht derartige, daß sie die Zuverlässigkeit des Versuchs stören könnten.

Am wenigsten wird der Vergleich der Zahlen für die in citronensaurem Ammoniak lösliche Phosphorsäure dadurch getrübt, denn um dieselben übersichtlicher zu machen und erst direkt vergleichen zu können, sind nicht die absoluten, in den Kästen enthaltenen Mengen der in citronensaurem Ammoniak löslichen

Phosphorsäure einander gegenüber zu stellen, sondern es muß berechnet werden, wie viel Prozente der gesammten Phosphorsäure durch dieses Lösungsmittel in jedem Falle gelöst worden ist, und bei dieser Berechnung werden jene mit den Gesammtinhalts-Mengen der Kästen in Verbindung stehenden Ungenauigkeiten wieder eliminirt.

Denn, um zu erfahren, welcher Prozentsatz der gesammten Phosphorsäure in citronensaurem Ammoniak löslich ist, ist es ja gleichgültig, ob die ganzen in den Kästen enthaltenen Mengen oder die Prozentzahlen von der Trockensubstanz in Relation gesetzt werden; z. B. beträgt in Kasten I die Summe der in citronensaurem Ammoniak löslichen Phosphorsäure (0·370 Kilo) von der Summe der Gesammt-Phosphorsäure (3·640 Kilo): 10·16 pCt., und in demselben Verhältnisse stehen die Zahlen, die angeben, welchen Prozentgehalt die resp. Phosphorsäuremengen von der Trockensubstanz ausmachen (0·202 und 1·987 in einer der obigen Tabellen).

Es sind nun in folgender Tabelle die Zahlen zusammengestellt, welche angeben, wie viel Prozente der gesammten Phosphorsäure zu Anfang und Ende des Versuchs in citronensaurem Ammoniak löslich waren:

	Von der gesammten Phosphorsäuremenge waren in citronensaurem Ammoniak löslich		Differenz.
	am Anfang des Versuchs.	am Ende des Versuchs.	
	pCt.	pCt.	
Kasten I.	5·32	10·16	4·84
„ II.	5·37	12·74	7·37
„ III.	5·32	12·75	7·43
„ IV.	7·28	7·99	0·71
„ V.	7·35	9·87	2·52
„ VI.	4·88	7·01	2·13
„ VII.	9·09	11·84	2·75
„ VIII.	9·14	14·29	5·15
„ IX.	4·84	7·51	2·67
„ X.	4·89	7·88	2·99
„ XI.	11·23	11·62	0·39
„ XII.	11·24	12·81	1·57
„ XIII.	11·23	13·53	2·30

Die letzte Columne enthält die Differenzen der bei jedem Kasten am Anfang und Ende des Versuchs erhaltenen Zahlen und giebt daher die Mengen Phosphorsäure an, welche durch die Compostirung aus dem festgebundenen, unlöslichen Zustande in löslichen oder wenigstens lose gebundenen, leicht beweglichen Zustand übergeführt worden waren.

Die so hoch gespannten Erwartungen, welche die im vorhergehenden Jahre so eminent kräftige Wirkung der Moorerde hervorgerufen hatte, werden durch diese Zahlen nun allerdings bei Weitem nicht erfüllt, denn die Aufschließung beträgt hier an der höchsten Stelle nur 7,43 pCt. der gesammten Phosphorsäuremenge, während dort, selbst in dem Falle, wo der Phosphorit in viel höherem Verhältnisse zum Moor angewandt wurde (in Kasten VII, Versuch 1872, betrug der Phosphorit ca. 19 pCt. vom angewandten Gemisch, 1873 überall nur 10 pCt.), die dreifache Menge in Lösung gebracht worden war. Oder vielmehr, es hatten aufgeschlossen:

In Kasten VII 1872: 150 Kilo Moorerde, 1·958 Kilo Phosphorsäure,
also 100 Kilo Moorerde, 1·305 Kilo Phosphorsäure,
In Kasten III 1873: 216 Kilo Moorerde, 0·435 Kilo Phosphorsäure,
also 100 Kilo Moorerde, 0·200 Kilo Phosphorsäure,

also dort eine sechsfach größere absolute Menge von aufgeschlossener Phosphorsäure pro 100 Kilo Moorerde.

Doch aber ist immerhin in allen Kästen eine, wenn auch nur geringe Aufschließung zu constatiren, was um so mehr die Zuverlässigkeit der Versuche bestätigt — gegenüber den Ausfällen in den Erdkästen der Versuche von 1872 — als auch in allen früheren von andern Autoren angeführten Fällen eine geringe Zersetzung des Phosphorits durch ähnliche Einflüsse, wie sie hier zur Wirkung kamen (Kohlensäure, Humusverbindungen ꝛc.), beobachtet worden war. Wenn aber die vorliegenden Versuche in Angriff genommen waren, um zu sehen, ob die von dergleichen Einflüssen herrührende Zersetzung ein so hohes Maß erreichen könne, um eine irgendwie hervorragende praktische Bedeutung zu haben, so scheinen die gefundenen Zahlen nicht sehr dafür zu sprechen.

Dessenungeachtet konnte die Hoffnung auf eine intensivere Wirkung der Compostirungsmaterialien auch vom Referenten noch nicht aufgegeben werden, da die 1872 erhaltenen Zahlen als zu glänzendes Beispiel dastanden; er glaubte daher das geringe Maß der Zersetzung in diesem Jahre auf die schlechtere Beschaffenheit des Phosphorits beziehen zu können, der der Zersetzung vielleicht deswegen eine größere Widerstandsfähigkeit entgegensetzte, weil die, schon in kleinerer Menge vorhandenen, phosphorsauren Verbindungen desselben zu sehr von Kieselsäure incrustirt wären. Es lag daher die Vermuthung nicht fern, daß besseres Material auch um Vieles günstigere Resultate zeigen würde.

Nur unter solcher Voraussetzung ist eine nähere Discutirung der vorliegenden Versuchsdaten gerechtfertigt, die aus dem Grunde hier am Platze sein mag; um so mehr, da in den früher gegebenen vorläufigen Mittheilungen über diesen Gegenstand jene Hoffnung noch aufrecht erhalten wurde und in diesen Resultaten

ihren Stützpunkt zu finden schien. Wenn durch spätere Versuche gefunden wird, daß jene Voraussetzung nicht zutrifft, daß vielmehr auch Phosphorit bester Beschaffenheit den bezüglichen Agentien gegenüber sich nicht anders verhält, so mag eine solche Discutirung vielleicht doch noch den theoretischen Zweck haben, die in unseren Materialien zur Wirkung kommenden Umsetzungen mit einander vergleichen zu können.

Am meisten hatte, wie schon bei den früheren Versuchen, die Moorerde aufschließend gewirkt, und zwar schon ohne Zusatz von Jauche, mehr aber noch bei Gegenwart solcher.

Auffallend übereinstimmend sind die Resultate der Kästen II und III, aus denen sich ergiebt, daß die Jauche in ihrem, die Zersetzung des Phosphorits befördernden Einflusse vollständig von schwefelsaurem Ammoniak ersetzt werden kann.

Es hat darnach den Anschein, als ob die Wirkung der Jauche hauptsächlich bedingt sei durch ihren Gehalt an Stickstoffverbindungen, welche fähig sind, in Ammoniaksalze überzugehen, auf deren zersetzende Wirkung schon von vielen Seiten, wie oben in der Literaturübersicht gezeigt, hingewiesen worden ist.

Auf diese Umwandelungsfähigkeit der Stickstoffverbindungen wird später noch besonders eingegangen werden, und es wird hier auf die dort referirten Untersuchungen hingewiesen.

Wie bei der Moorerde hat auch bei allen übrigen Materialien Zusatz von Jauche die Zersetzung des Phosphorits befördert, deren, wenn auch nur geringer, Einfluß also durch die vorliegenden Versuche constatirt ist.

Ob sie aber, sowie durch Ammoniaksalze, ebenso auch durch Kalisalz ersetzt werden kann, ist aus obigen Resultaten noch nicht genau zu ersehen.

Denn wenn auch im Kasten IX. durch humosen Lehmboden und Kalisalz 2·67 pCt. der gesammten Phosphorsäure aufgeschlossen worden sind, so fehlt doch der Nachweis, wie viel durch jene Erde allein löslich gemacht wäre, da leider kein Kasten aufgestellt wurde, in dem dieser Boden ohne andere Zuthaten nur mit Phosphorit compostirt worden ist.

Daß in einem fruchtbaren, leicht disponirbare mineralische Salze enthaltenden Boden die Zersetzung des Phosphorits schon eine bemerkenswerthe ist, zeigt Kasten VII, wo der Diluviallehmboden aus Diemitzer Flur, eine der fruchtbarsten Bodenarten, ohne Jauchezusatz 2·75 pCt. der gesammten Phosphorsäure zur Aufschließung brachte.

Allerdings war der zu den Versuchen mit Kalisalz verwandte Boden etwas anders beschaffen, namentlich rührte er nicht von der oberen Ackerkrume her wie jener, sondern hatte etwa zwei Fuß unter derselben gestanden, es mußte aber doch die Möglichkeit angenommen werden, daß auch ohne Zusatz von Kalisalz eine bestimmte Menge von Phosphorsäure durch die betreffende Erde aufgeschlossen worden wäre.

Andererseits ergiebt sich freilich aus den Kompostirungen mit Mist, daß Zusatz von Kalisalz in Kasten XIII die Löslichkeit der Phosphorsäure um ca. 2 pCt. gesteigert hatte, gegenüber Mist allein in Kasten XI, so daß jedenfalls den Kali-

salzen nicht alle Fähigkeit, zersetzend auf den Phosphorit zu wirken, abgesprochen werden kann[1]).

Die geringere Aufschließung in dem reichen Mergelboden des Kastens VI, gegenüber Kasten VIII, findet jedenfalls durch den schon von P. Wagner (s. oben) bemerkten retardirenden Einfluß des kohlensauren Kalks seine Erklärung.

Auffallend ist das Verhalten der humosen Erde in Kasten IV und V. Es war bisher immer den Zersetzungsproducten der organischen Substanz überhaupt und den Humussäuren im Besonderen die Fähigkeit zugeschrieben, die Phosphorsäure des Phosphorits aus ihrer schwer löslichen Verbindung beweglich zu machen. Obgleich aber die in Kasten IV und V eingebrachte Erde vor Beginn des Versuchs, und auch das Material am Ende desselben stark saure Reaction zeigte, obgleich auch die organische Substanz während der Dauer des Versuchs eine bedeutende Zersetzung erfahren hatte, wie aus der Verminderung der Trockensubstanz um mehr als 7 Kilo in Kasten IV hervorgeht, war in diesem Kasten doch fast gar keine, aus dem Phosphorit herrührende Phosphorsäure aufgeschlossen worden, während wieder unter dem Einfluß der Jauche bei derselben Erde in Kasten V ca. 2 pCt. mehr gelöst waren. Dazu kommt, daß auch die Compostirung mit Mist fast gar keine Aufschließung des Phosphorits bewirkt hatte, obgleich die schon erwähnte Temperaturerhöhung in den betreffenden Kästen und die bedeutende Abnahme an Trockensubstanz in Kasten XI (Verlust ebenfalls 7 Kilo) auch hier eine lebhafte Zersetzung anzeigen.

Alles dies weist darauf hin, daß die Wirkung der Humussubstanzen auf den Phosphorit bei Weitem von der der anorganischen Salze, namentlich der Ammoniaksalze übertroffen wird, daß auch die mit Moorerde beobachtete Aufschließung zum großen Theil von der Circulation solcher Salze herrühren mag. Daß in Letzterem eine reiche Umsetzung von anorganischen Salzen stattfindet, ist zweifellos, es geht das nicht bloß aus den nachher beschriebenen Veränderungen der Stickstoffverbindungen hervor, sondern auch aus den von Professor Märcker referirten Beobachtungen über Moorcultur[2]). Es ist durch Letztere besonders auf die Bildung von schwefelsaurem Eisenoxydul aus Schwefelkies (FeS^2) aufmerksam gemacht, sowie auch auf die Möglichkeit hingewiesen, daß sich in der Moorsubstanz freier Schwefel befindet, aus dem sich Schwefelsäure bilden könnte.

Da das Vorhandensein von Jauche und von schwefelsaurem Ammoniak sich verhältnißmäßig so günstig für die Zersetzung des Phosphorits gezeigt hatte, den Stickstoffverbindungen also immerhin einige Wichtigkeit für die vorliegende Frage beigelegt werden mußte, so wurden die Letzteren einer näheren Bestimmung unterworfen (vergl. II. Theil dieser Arbeit).

Das Resultat dieser Bestimmungen scheint zu sein, daß die Umsetzung der

1) Daß bei Gegenwart von Kalisalz der Zusatz von Jauche in Kasten X. nicht die Wirkung hatte, wie in den anderen Kästen, wird später zu erklären versucht werden.

2) Zeitschrift des landw. Central-Vereins der Provinz Sachsen. 1874. S. 64.

stickstoffhaltigen Verbindungen in den Materialien, die gekennzeichnet wird durch das Auftreten des aus der Oxydation derselben hervorgehenden Endproductes, der Salpetersäure, in einem gewissen Connex steht zu der Zersetzung des Phosphorits. Es war vorhanden am Ende des Versuchs in:

Kasten	I	0·0929	Kilo	Stickstoff	als	Salpetersäure
„	II	0·5807	„	„	„	„
„	III	0·4291	„	„	„	„
„	IV	0·0489	„	„	„	„
„	V	0·4095	„	„	„	„
„	VI	0·2847	„	„	„	„
„	VII	0·003	„	„	„	„
„	VIII	0·298	„	„	„	„
„	IX	—				
„	X	—				
„	XI	—				
„	XII	0·0188	„	„	„	„
„	XIII	—				

Läßt man die mit Kalisalz behandelten Kästen außer Acht, in welchen eine Löslichmachung der Phosphorsäure, wenn eine solche wirklich Statt gefunden, nicht mit Hilfe der Stickstoffverbindungen geschehen konnte; läßt man auch den keine Jauche erhaltenen Kasten VII bei Seite, in welchem die Aufschließung in gleicher Weise schon anderen Ursachen (s. oben) zugeschrieben ist, und ebenso den Kasten VI, für dessen geringen Gehalt an aufgeschlossener Phosphorsäure ebenfalls schon oben eine Erklärung versucht wurde, so ergeben sich folgende Reihen:

	Salpetersäure Kilo.	Aufgeschlossene Phosphorsäure pCt.
Kasten II.	0·5807	7·37
„ III.	0·4291	7·43
„ V.	0·4095	2·52
„ VIII.	0·2980	5·15
„ I.	0·0929	4·84
„ IV.	0·0489	0·71
„ XII.	0·0188	1·57
„ XI.	—	0·39

Nur die beiden, saure humose Erde enthaltenden Kästen IV und V verhindern, daß beide Reihen übereinstimmend kontinuirliche sind; berücksichtigt man

aber, daß auch andere anorganische Salze die Zersetzung des Phosphorits befördern, welche diese Erde ihrer Entstehung und Zusammensetzung nach nur wenig oder gar nicht enthalten kann, so ist auch diese Ausnahme zu erklären.

Danach läßt sich also jedenfalls eine mit der vermehrten Salpetersäurebildung Schritt haltende Steigerung der Phosphoritaufschließung nicht verkennen, so mannigfaltig die Reagentien auch sind, welche Letztere bewirken.

Da durch diese Versuche ein vom vorhergehenden Jahre so abweichendes Resultat erhalten worden war, so sollten im nächsten Jahre dieselben in ähnlicher Weise mit Phosphorit bester Qualität noch einmal wiederholt werden.

Versuche von 1874.

Durch diese letzten Versuche, bei denen nun alle in den vorhergehenden Jahren gesammelten Erfahrungen in Bezug sowohl auf Anordnung derselben, als auch auf Auswählung des Kompostirungsmateriales, als endlich auch auf analytische Ausführung zur Verwerthung kommen konnten, sollten nun zunächst die bisher erhaltenen Resultate definitiv bestätigt werden. Weiter aber sollte zu entscheiden versucht werden, welcher Grund die Verschiedenheit in der Zersetzung nach den beiden Versuchsreihen hervorgebracht habe, und wie daraus eventuell Nutzen für die Praxis zu ziehen sei.

Es wurde daher noch je ein Kompostirungsversuch von Mist und humoser Ackererde von reichem Gehalte an kohlensaurem Kalk mit neu herangezogenem hochprozentigen Phosphorit angestellt, sowie auch der bei den vorjährigen Versuchen benutzte saure Humus wieder zur Anwendung kam; auch neue Mischungen mit Kalisalz wurden ausgeführt.

Ferner aber wurde neben der vorher benutzten Moorerde von Fienrode, die von brauner Farbe ist, eine schwarze Moorerde von Westerhausen benutzt. Die 1872 zur Anwendung gekommene Moorsubstanz, die so günstig gewirkt hatte, war von demselben äußeren Ansehen gewesen und stammte aus derselben Gegend, wie die Letztere. Da es bekannt ist, daß durch diesen Unterschied in der Farbe der moorartigen Zersetzungsprodukte eine Verschiedenheit in der Art und Weise der in der organischen Substanz der Moorerde vor sich gehenden Umsetzungen angezeigt wird, so war es immerhin möglich, daß mit der neuen Moorerde eine ähnliche Zersetzung zu Wege gebracht würde, als mit der von 1872, sowie daß die Ueberlegenheit dieser in jener durch die Farbe gekennzeichneten Verschiedenheit des Zustandes der organischen Substanz begründet gewesen.

Es war im vorhergehenden Jahre kompostirt:

1. Die braune Moorerde mit altem geringwerthigem Phosphorit.

Wenn nun kompostirt wurde:

2. Dieselbe Moorerde mit neuem hochwerthigem Phosphorit.

Ferner 3. die neu zugezogene schwarze Moorerde mit altem Phosphorit.

4. Dieselbe mit neuem Phosphorit, so mußte durch diese Komplikationen möglichst vollständig entschieden werden können, ob in dem Versuche von 1872 die reichliche Aufschließung entweder nur der besseren Beschaffenheit des Phos-

phorits oder dem günstigeren Zustande der Moorsubstanz zu verdanken war, sowie auch, ob die Aufschließung des Phosphorits von einer praktischen Bedeutung sein könne.

Der neue Phosphorit enthielt:

28·86 pCt. Phosphorsäure,
4·83 „ Sand (in Königswasser unlöslich),
0·37 „ in Königswasser auflösliche Kieselsäure,
32·10 „ Kalk,
26·26 „ Eisenoxyd und Thonerde,
0·40 „ Schwefelsäure,
2·40 „ Kohlensäure,
2·80 „ Wasser,

außerdem geringere Mengen von Magnesia, Alkalien und Fluor.

Das Kalisalz war von derselben Zusammensetzung wie das im vorhergehenden Jahre angewendete, ebenso war die Ackererde von derselben Beschaffenheit wie die oben, als von Reideburger Flur stammend, beschriebene.

Die Kästen wurden am 29. und 30. Mai 1874 in folgender Weise beschickt:

Kasten 1. 315 Kilo Erde und 35 Kilo neuer hochprozentiger Phosphorit wurden den Sommer hindurch mit Wasser feucht erhalten.

Kasten 2. Gemisch von derselben Zusammensetzung wurde mit Jauche feucht erhalten, von der während des Sommers 128¾ Liter mit zusammen 1744,79 Gramm Stickstoff zur Verwendung kamen.

Kasten 3. Dasselbe Gemisch erhielt noch 5 Kilo schwefelsaures Ammoniak von 20·86 pCt. Stickstoffgehalt und wurde mit Wasser feucht erhalten.

Kasten 4. Ein Gemisch von 265·52 Kilo Erde und 32·11 Kilo neuem Phosphorit wurde mit 15 Kilo Kalisalz vermengt und während des Sommers mit 68 Liter Jauche mit zusammen 858·92 Gramm Stickstoff begossen.

Kasten 5. 315 Kilo Erde, 35 Kilo neuer, hochwerthiger Phosphorit, 15 Kilo Kalisalz und 5 Kilo schwefelsaures Ammoniak wurden mit Wasser feucht erhalten.

Kasten 6. Ein Gemisch von 270 Kilo saurem Humus (Haidehumus) und 30 Kilo neuem Phosphorit wurde mit Jauche, zusammen 117·3 Liter mit 1500·04 Gramm Stickstoff begossen.

Kasten 7. 100 Kilo Pferdemist wurden mit 25 Kilo neuem Phosphorit gemischt, als Unterlage wurden 90 Kilo, und als Decke 20 Kilo Haidehumus gegeben. Die Decke wurde diesmal bedeutend dünner und leichter gemacht als bei den früheren Versuchen, da die Möglichkeit vorlag, daß es dort die durch die schwere Decke bewirkte Verminderung der Luftcirkulation gewesen, welche kräftige Umsetzungen in den Mistkästen verhindert habe.

Das Gemisch wurde mit Wasser feucht erhalten.

Kasten 8. 92·25 Kilo schwarze Moorerde aus Westerhausen und 10·25 Kilo alter geringwerthiger Phosphorit wurden mit Jauche, zusammen 56 Liter mit 704·34 Gramm Stickstoff begossen.

Kasten 9. 175 Kilo Moorerde von Westerhausen und 19·45 Kilo neuer Phosphorit wurden mit Wasser feucht erhalten.

Kasten 10. Dasselbe Gemisch wurde mit Jauche, zusammen 82 Liter mit 1036·88 Gramm Stickstoff begossen.

Kasten 11. Dasselbe Gemisch wurde mit 5 Kilo schwefelsaurem Ammoniak vermengt und mit Wasser feucht erhalten.

Kasten 12. Dasselbe Gemisch ohne schwefelsaures Ammoniak wurde mit 15 Kilo Kalisalz vermengt und mit Jauche — 80 Liter mit 1013·20 Gramm Stickstoff — begossen.

Kasten 13. 165·72 Kilo Moorerde aus Westerhausen, 18·41 Kilo neuer Phosphorit, 15 Kilo Kalisalz und 5 Kilo schwefelsaures Ammoniak wurden mit Wasser feucht erhalten.

Kasten 14. 196 Kilo braune Moorerde aus Fienrode und 21·80 Kilo neuer Phosphorit wurden mit Wasser feucht erhalten.

Kasten 15. Dasselbe Gemisch wurde mit Jauche — zusammen 86 Liter mit 1090·37 Gramm Stickstoff — begossen.

Kasten 16. Ein von dem vorjährigen Versuche herrührender Kasten, in welchem Moorerde aus Fienrode mit altem Phosphorit und schwefelsaurem Ammoniak gemischt worden war; der Inhalt war mit 10 K. gepulverter Schlemmkreide gemengt worden.

Die Untersuchung der Versuchsobjekte geschah in derselben Weise wie oben beschrieben; jedoch wurden die analytischen Bestimmungen in den zu den Ver-

	Trockensubstanz.		Gesammt-Phosphorsäure.		In citronensaurem Ammoniak lösliche Phosphorsäure.	
	Vor dem Versuche. Kilo.	Nach dem Versuche. Kilo.	Vor dem Versuche. Kilo.	Nach dem Versuche. Kilo.	Vor dem Versuche. Kilo.	Nach dem Versuche. Kilo.
Kasten 1	338·52	331·692	11·032	10·341	0·241	0·244
„ 2	338·52	332·384	11·032	10·544	0·241	0·273
„ 3	338·52	332·353	11·032	10·530	0·241	0·303
„ 4	300·18	300·18	10·191	9·935	0·286	0·324
„ 5	356·77	356·77	11·032	11·004	0·241	0·239
„ 6	276·05	276·05	9·540	9·291	0·498	0·580
„ 7	158·55	158·55	8·359	8·332	0·738	0·763
„ 8	78·72	78·72	1·476	1·424	0·069	0·140
„ 9	149·96	149·96	5·911	5·911	0·237	0·432
„ 10	149·96	149·96	5·911	5·876	0·237	0·539
„ 11	154·94	154·94	5·911	5·951	0·237	0·585
„ 12	163·23	163·23	5·911	5·928	0·237	0·394
„ 13	168·21	168·21	5·598	5·583	0·225	0·391
„ 14	174·96	174·96	7·562	7·500	0·209	0·265
„ 15	174·96	174·96	7·562	7·514	0·209	0·321
„ 16	192·13	192·13	3·411	3·377	0·435	0·438

suchen anzustellenden Materialien nicht so ausgeführt, daß, wie dort, das Kompostirungsmaterial und der Phosphorit, jedes für sich analysirt wurde, sondern es wurden Gemische von derselben Zusammensetzung, wie sie in die Kästen gegeben waren, hergestellt, und von diesen Gemischen genau dieselben Mengen der Untersuchung auf Phosphorsäure unterworfen, wie nach dem Versuche von den kompostirten Massen genommen wurden. Dadurch mußten namentlich die durch Extraktion mit citronensaurem Ammoniak erhaltenen Phosphorsäuremengen in richtigeres Verhältniß kommen, als in jenem Falle.

Am 4. Januar 1875 wurden die Kästen geleert, der Inhalt gewogen, von jedem möglichst große und genaue Durchschnittsproben nach dem ebenfalls schon oben beschriebenen Verfahren genommen, und dieselben alsbald der näheren Untersuchung unterworfen.

Die durch die Analysen gefundenen Zahlen finden sich, auf den Inhalt der gesammten Kästen berechnet, in folgenden Tabellen zusammengestellt: (s. S. 193.)

Durch Rechnung ergeben sich daraus folgende Zahlen:

	Von der gesammten Phosphorsäure sind in citronensaurem Ammoniak löslich		Zunahme.
	am Anfang des Versuchs.	am Ende des Versuchs.	
	pCt.	pCt.	pCt.
1. Erde, neuer Phosphorit mit Wasser	2·185	2·368	0·183
2. „ „ „ „ Jauche	2·185	2·438	0·253
3. „ „ „ „ schwefels. Ammon.	2·185	2·877	0·692
4. „ „ „ „ Kalisalz u. Jauche	2·806	3·261	0·455
5. „ „ „ „ Kalisalz und SO^4 $(NH^4)^2$	2·185	2·172	—
6. Haidehumus, neuer Phosphorit und Jauche . .	5·220	6·242	1·022
7. Pferdemist und neuer Phosphorit	8·829	9·157	0·328
8. Schwarze Moorerde, alter Phosphorit u. Jauche	4·675	9·831	5·156
9. Schwarze Moorerde, neuer Phosphorit u. Wasser	4·009	7·308	3·299
10. „ „ „ „ „ Jauche	4·009	9·173	5·164
11. „ „ „ „ „ SO^4 $(NH^4)^2$	4·009	9·830	5·821
12. Schwarze Moorerde, neuer Phosphorit, Kalisalz und Jauche	4·009	6·646	2·637
13. Schwarze Moorerde, neuer Phosphorit, Kalisalz und SO^4 $(NH^4)^2$	4·009	7·003	2·994
14. Braune Moorerde, neuer Phosphorit und Wasser	2·764	3·533	0·769
15. „ „ „ „ „ Jauche.	2·764	4·272	1·508
16. Vorjähriger Kasten mit kohlensaurem Kalk.	12·75	12·98	0·23

Es zeigt sich also auch bei dieser Versuchsreihe in allen Kästen, mit Ausnahme eines einzigen, eine Zunahme der leichter löslichen Phosphorsäure; doch ist auch hier die Zunahme eine sehr geringe, sie bewegt sich selbst in den Moorkästen in äußerst geringen Werthen. Ja, die Aufschließung des Phosphorits ist hier im Allgemeinen eine noch geringere als bei den vorjährigen Versuchen, doch sind die Mengen überhaupt zu klein, als daß praktische Folgerungen daran geknüpft werden könnten. Im Allgemeinen zeigt sich beim Vergleich der Zahlenreihe, daß die Mengen der aufgeschlossenen Phosphorsäure bei den einzelnen Kästen denselben Regeln unterliegen, wie sie oben bei Diskutirung der Versuchsresultate von 1873 gekennzeichnet wurden.

Zuvörderst ist zu bemerken, daß der Mist in keinem Falle, obgleich er eine äußerst lebhafte Zersetzung erfahren hatte, sich in einigermaßen bedeutender Weise an der Löslichmachung der Phosphoritphosphorsäure betheiligt hat. Ebenso kann der Zersetzung, die der Phosphorit in einer fruchtbaren Ackererde, namentlich bei Vorhandensein von reichlichen Mengen phosphorsauren Kalkes erfährt, kaum eine praktische Bedeutung beigemessen werden.

Die meiste Beachtung verdienen die durch Kompostirung mit Moorerde erzielten Resultate. Obgleich ein Phosphorit von ausgezeichneter Beschaffenheit, von derselben Zusammensetzung wie der von 1872, zur Anwendung kam, hat dennoch keine der von jenem Jahre vergleichbare Aufschließung stattgefunden, die Schuld der geringeren Zersetzung kann daher nicht in der Beschaffenheit des Phosphorits begründet sein. Auf der anderen Seite hat aber auch eine Moorart, die in ihren organischen Bestandtheilen eine Umsetzung in derselben Richtung erfahren hat, wie die 1872 benutzte, kaum eine nennenswerthe Wirkung auf den Phosphorit hervorgebracht, es kann also auch den organischen Substanzen der Moorerde nicht länger ein bedeutender Einfluß auf die Zersetzung des rohen Phosphorits beigelegt werden. Wenn bei jener ersten Versuchsreihe vom Sommer 1872 dennoch die Moorsubstanz so bedeutende Mengen des Phosphorits aufgeschlossen hatte, so muß dieser Erfolg in einer anderen Eigenschaft derselben begründet gewesen sein, als in seinem Gehalt an Humussubstanzen.

Eine vorläufige Prüfung der Proben — von der 1872 benutzten Moorerde stand noch Material zur Verfügung — zeigte, daß die letztere eine außerordentlich stark saure Reaktion besaß, und zwar erwies sich die vorhandene freie Säure als Schwefelsäure. Durch das Vorhandensein dieser Säure wird eine Eigenschaft gekennzeichnet, deren nähere Kenntniß von außerordentlichem Belang für die Werthschätzung einer Moorerde, namentlich auch in Bezug auf Kulturfähigkeit, zu werden verspricht. Es giebt eine ganze Reihe von Moorarten, die in Folge ihrer Entstehungsweise eine verhältnißmäßig sehr bedeutende Menge oxydirbaren Schwefels enthalten, aus der Verwesung der Eiweißstoffe unter bestimmten besonderen Verhältnissen, auf die einzugehen nicht hier der Platz ist, vor sich geht.

Der in solcher Form vorhandene Schwefel geht dann, wenn die Moorsubstanz aus Verhältnissen, die eine genügende Durchlüftung nicht gestatteten, übergeführt wird in einen Zustand, der eine Oxydationsthätigkeit begünstigt, in

Schwefelsäure über. Da aber in solchem Falle in der Regel das Moor durch ein langes vorheriges Durchtränken mit Wasser an allen löslichen Salzen fast vollkommen erschöpft, auch kohlensaurer Kalk nicht vorhanden ist, so findet die entstehende Schwefelsäure keine Bindung, sondern bleibt in der Moorsubstanz als solche haften, gelöst in dem Wassergehalte der letzteren.

Diese freie Schwefelsäure nun ist es, welche der Moorsubstanz die allerintensivste saure Reaktion verleiht, die eine Moorsubstanz sowohl wie einen Moorsand auf lange Zeit zum Hervorbringen jeder Pflanzen-Vegetation unfähig machen kann.

Die Gegenwart merklicher Mengen solcher freien Schwefelsäure würde, wie keinem Zweifel unterliegen kann, die Zersetzung entsprechender Mengen von Phosphorit bewirken müssen; es konnte daher nicht fern liegen, nachdem die Möglichkeit des Vorhandenseins derselben einmal erkannt war, in der Verschiedenheit des Gehaltes der Moorarten an dieser Säure die Erklärung für das verschiedene Verhalten dem Phosphorit gegenüber zu suchen.

Der Gehalt an freier Schwefelsäure wurde durch Extrahiren der Moorproben mit Alkohol bestimmt, die Schwefelsäure als schwefelsaures Baryum gewogen.

Es fand sich in der Trockensubstanz:

in der Moorerde von 1872 . . 0·914 pCt. freie Schwefelsäure (SO^3)
in der Moorerde von Fienrode . 0·003 „ „ „
in der Moorerde von Westerhausen 0·006 „ „ „

Das Extrahiren mit Alkohol ergiebt die Menge der freien Schwefelsäure mit nicht zu beanstandender Genauigkeit, da schwefelsaure Alkalien nicht vorhanden, besonders im Moor von 1872 Alkalien überhaupt kaum in nachweisbaren Spuren enthalten sind.

Die auf diese Weise in jener Moorsubstanz nachgewiesene Schwefelsäure würde mehr als hingereicht haben, um die in den Kästen VII und VIII der Versuche von 1872 vorgefundene Aufschließung zu bewirken.

So ist in Kasten VII eingebracht: 1·272 Kilo Schwefelsäure (SO^3), die hingereicht haben würden, um 2·258 Kilo P^2O^5 aus der dreibasischen Verbindung ($P^2O^8Ca^3$) in die zweibasische ($P^2O^8Ca^2H^2$) überzuführen, welche durch citronensaures Ammoniak aufgelöst wird. Da aber außerdem auch immer noch freier oxydirbarer Schwefel in der Moorsubstanz sich befand, so mußte sich im Laufe des Kompostirens noch fortwährend freie Schwefelsäure gebildet haben, so daß sehr wohl angenommen werden kann, daß durch die Summe derselben jene Phosphorsäure in die saure Verbindung übergeführt worden, als welche sie dann wieder absorbirt wurde.

Damit erscheint die in den Versuchen von 1872 bewirkte, so auffallend reichliche Zersetzung des Phosphorits genügend erklärt. Im Gegensatze also zu den Schlüssen aus den ersten vorläufigen Mittheilungen über diesen Gegenstand ergiebt sich bei richtiger Würdigung der ganzen Versuchsreihe das Resultat: „daß der Einfluß der Humusverbindungen und aller ande-

ren sich zersetzenden organischen Substanzen auf die Zersetzung der rohen Phosphorite nur ein unbedeutender ist, daß die Umänderung des Phosphorits bei Gegenwart Jener in der Intensität des Vorgangs kaum abweicht von dem Prozeß der Verwitterung, welchem die Mineralien auf Einwirkung aller atmosphärischen Einflüsse unterliegen.

Es kann dieses Resultat nichts Ueberraschendes haben, denn die meisten der früheren exakt durchgeführten Versuche zur Löslichmachung des Phosphorits haben, wie oben in der Literatur-Uebersicht ausgeführt, ebenfalls nur eine geringe Ausbeute gegeben.

Am meisten könnte ihm noch die ebenfalls schon zitirte Arbeit von F. Simon widersprechen, doch sind deren Resultate noch zu wenig zu einem Anerkennung verdienenden Abschluß gediehen, als daß sie die Giltigkeit so oft wiederholter und ebenso oft wissenschaftlich und praktisch bestätigter Versuche beeinträchtigen könnten.

Die Schärfe des Gegensatzes jedoch, in welchem jene Arbeit mit den von uns erhaltenen Resultaten steht, mag es gerechtfertigt erscheinen lassen, daß noch einmal auf dieselbe zurückgekommen wird.

Wie schon oben erwähnt, behandelte F. Simon Phosphorit mit Humussäure, dargestellt durch Ausziehen von Moorsubstanz mit Kalilauge und Ausfällen mit Salzsäure und es gelang ihm, mit derselben aus dem Phosphorit zu entziehen pro 100 Theile Humussäure

60·82 Theile in Wasser lösliche Phosphorsäure,
+ 48·97 „ „ Ammoniak, „ „
+ 178·61 „ „ Essigsäure. „ „
288·40

also in Summa 288·4 pCt. oder, wenn man in der Humussäure ca. 64 pCt. Kohlenstoff annimmt, pro 100 Theile Kohlenstoff ca. 450 Theile Phosphorsäure. Er erklärt die zersetzende Wirkung der Humussäure dadurch, daß dieselbe mit der Phosphorsäure eine innige sogenannte organomineralische Verbindung bildete und glaubt diese Verbindung auch dargestellt zu haben, in welcher aber nach vorgenommener Analyse auf ca. 40 Theile Kohlenstoff nur 2·5 bis 5 Theile Phosphorsäure oder auf 100 Theile Kohlenstoff ca. 6—12·5 Theile Phosphorsäure kommen.

Um aus dem Entstehen einer solchen Verbindung jene massenhafte Zersetzung des Phosphorits zu erklären, müßte der Humussäure schon eine katalytische Wirkung in Bezug auf den Phosphorit zugeschrieben werden.

Doch würde es einem Ungläubigen nicht schwer werden, selbst das Entstehen jener phosphorsäurehaltigen Humusverbindung zu bezweifeln, wenn er den Gang verfolgt, den der Versuchsansteller einschlägt, um dieselbe zu isoliren: es wird Humussäure mit reiner verdünnter Phosphorsäure längere Zeit gekocht, die vom Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit zur Syrupskonsistenz eingedampft und mit einem Gemisch von drei Theilen absolutem Alkohol und einem Theil Ammoniak-

flüssigkeit behandelt. Die nicht an Humussäure gebundene Phosphorsäure soll als phosphorsaures Ammoniak vollständig unlöslich zurückbleiben. Die davon abfiltrirte Flüssigkeit ergiebt nun durch Abdampfen eine Masse, die durch nochmaliges Ausziehen mit Alkohol in zwei Theile geschieden wird, welche eben jene organomineralische Verbindung in zwei Modifikationen darstellen sollen. Also obgleich das in Alkohol unlösliche phosphorsaure Salz vorhin schon abgeschieden war, bleibt hier, bei Anwendung reineren Alkohols wiederum ein Rest A. zurück, der phosphorsäurehaltig, als der wichtigste Repräsentant jener gesuchten Verbindung angesprochen wird, anstatt daß er die Vermuthung hervorrufen sollte, daß jene erste Abscheidung des phosphorsauren Ammoniaks durch Alkohol keine vollständige gewesen.[1]) Die von diesem letzteren Rest geschiedene Flüssigkeit giebt durch Abdampfen einen Rückstand B., der immer noch etwas Phosphorsäure, wenn auch schon bedeutend weniger enthält und eine zweite Verbindung zwischen Phosphorsäure und Humussäure repräsentiren soll; daneben enthält er auch Ammoniak, das wahrscheinlich auch in A. enthalten ist.[2])

Anstatt daß also „das Ganze seiner Versuche die Thatsache feststellt, daß Doppelverbindungen der organischen Substanz des Bodens (Quellsäure) und der Phosphorsäure existiren," kann man auch Folgendes herauslesen: Aus einer Lösung von humussaurem Ammoniak wird durch Phosphorsäurelösung die Humussäure niedergeschlagen, natürlich nicht quantitativ vollständig; aus der davon abfiltrirten Flüssigkeit, die somit Phosphorsäure und Humussäure in Lösung enthält, wird durch Zusatz von Ammoniakflüssigkeit phosphorsaures Ammoniak gebildet, welches durch Alkohol abgeschieden wird, ebenfalls nicht quantitativ genau, weshalb sich in der von diesem Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit nun noch ein Ueberrest von phosphorsaurem Ammoniak befindet, sowie auch Humussäure, wieder an Ammoniak gebunden.

Wird dieses Filtrat vollständig zur Trockne eingedampft und der Rückstand neuerdings mit absolutem Alkohol ausgezogen, so bleibt das noch vorhandene phosphorsaure Ammoniak ungelöst zurück, freilich wieder nicht quantitativ. Durch das Abdampfen hat sich natürlich saures phosphorsaures Ammoniak gebildet, das sauer reagirt. (Die in diesem Antheil vom Versuchsansteller beobachtete stark

---

1) Leider ist nicht angegeben, wie viel von dem Lösungsmittel angewandt worden. Bei einer Wiederholung des Versuchs nach genau demselben Gange, wie ihn F. Simon eingeschlagen, fand Referent, daß von Phosphorsäure, die wie dort zur Syrupsconsistenz eingedampft war, durch 200 Cc. eines Gemisches von 3 Theilen Alkohol und 1 Theil Ammoniakflüssigkeit 3·6 Milligrm. P^2O^5 aufgelöst wurden, und wenn Phosphorsäure wie dort mit dem gleichen Gemisch behandelt, die filtrirte Flüssigkeit eingedampft und der Rückstand mit 200 Cc. absolutem Alkohol ausgezogen wurde, so wurden immer noch 2·0 Milligrm. P^2O^5 gelöst. F. Simon scheint auch nur so äußerst geringe Mengen seiner angeblichen Verbindung erhalten zu haben, daß die darin enthaltene Phosphorsäure in dieser Lösungsfähigkeit vollständig ihre Erklärung finden kann.

2) Die angeführten Stickstoffbestimmungen können nicht maßgebend sein, da die Verbrennung mit Natronkalk in einem solchen Falle, wo durch dieselbe in der angewendeten Substanz nur 0·001496 Grm. Stickstoff gefunden werden, kein Vertrauen verdient.

saure Reaktion kann nur auf solche Weise erst entstanden, und nicht der angeblich vorhandenen organomineralischen Verbindung eigenthümlich sein, da sie sonst längst durch jenen Zusatz von Ammoniak neutralisirt worden wäre.) In dem letzten Alkoholauszug befindet sich dann noch etwas humussaures, sowie ein letzter Rest von phosphorsaurem Ammoniak. Auf solche Weise muß sich in den dargestellten Substanzen noch Phosphorsäure befinden, ohne daß das Vorhandensein derselben nothwendig auf eine vollzogene Bindung zwischen Phosphorsäure und Humussäure hindeutet.

Wenn aber der Glaube an die Bildung dieser phosphorsäurehaltigen Humusverbindung noch auf so schwachen Füßen steht, so ist es auch schwer, jener auf die Auffindung weniger Milligramme Phosphorsäure gestützten Berechnung einer so außerordentlich massenhaften Phosphoritzersetzung unbedingtes Vertrauen entgegenzubringen. Da es bekannt ist, welche Schwierigkeit es bietet, eine so voluminöse Substanz, wie die mit Salzsäure aus alkalischer Lösung gefällte Humussäure, quantitativ auszuwaschen, so ist es schon ein schwieriges Beginnen, mit solcher Humussäure Lösungsversuche an Phosphorit auszuführen, der von Salzsäure so leicht angegriffen wird; es muß Einem mindestens die Gewißheit gegeben werden, daß die angewandte Humussäure keine Chlorreaktion mehr zeigte, worüber in der Arbeit keine Notiz vorhanden ist.

Bei unseren Versuchen kamen ja durch den sauren Humus aus der Nähe der Dölauer Haide so große Mengen natürlicher freier Humussäure, daß das Material selbst am Ende des Versuchs noch stark sauer reagirte, mit Phosphorit in Berührung (1873, Kasten IV. und V., 1874 Kasten 6), und doch zeigte sich gerade in den damit beschickten Kästen verhältnißmäßig die geringste Menge von aufgeschlossener Phosphorsäure. Wenn freie Humussäure wirklich den Phosphorit angreifen könnte, so hätten in diesen Kästen entschieden größere Phosphorsäuremengen als gelöst nachgewiesen werden müssen, wie es doch in Kasten VII und VIII der Versuche von 1872 geschehen. Da das nicht möglich war in unserem Falle, wo so reichliche Mengen auf einander wirkten, wo auch kein retardirender Einfluß durch kohlensauren Kalk oder andere anorganische Substanzen vermuthet werden kann — der Glührückstand des Materials bestand nur aus feinen sandartigen Gesteinstrümmern — so kann man wohl sich für berechtigt halten, den Humussäuren eine hohe Fähigkeit zur Zersetzung des Phosphorits abzusprechen. Denn es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die in diesem sauren Humus vorhandene, die saure Reaktion bedingende, organische Substanz viel sicherer wirkliche Humussäure gewesen, als daß die von F. Simon benutzte Substanz vollkommen reine salzsäurefreie Humussäure dargestellt habe.

Aber selbst wenn die reine Humussäure einen lösenden Einfluß auf den Phosphorit haben sollte, so ist doch durch unsere Versuche unwiderleglich nachgewiesen, daß die Gesammtheit der Humusverbindungen, wie sie in der Natur in den humushaltigen oder humusbildenden Medien auftreten, diesen Einfluß in einigermaßen hervorragendem Grade nicht hat, selbst wenn dieselben noch so massenhaft vorhanden sind, wie in der Moorsubstanz.

Man kann also durch Anwendung des rohen Phosphorits, wenn er recht billig zu bekommen ist, seiner Wirthschaft wohl einen Vorrath an Phosphorsäure einverleiben, aber man muß es dem äußerst langsam wirkenden Verwitterungsproceß überlassen, nach und nach Theile davon in die Rotirung des Düngekapitals einzuführen. In Verhältnissen, wo nicht Moorsubstanz von der Art, wie sie bei den Versuchen von 1872 zur Anwendung kam, mit hohem Gehalt an freier Schwefelsäure, zur Verfügung steht, da sind die Umsetzungen, welche der Phosphorit in natürlichen Medien erleidet, selbst wenn die am meisten in Betracht kommenden Agentien in sehr reichlichem Maaße vorhanden sind, wie es beim Compostiren der Fall ist, von zu geringem Umfange, als daß der daraus hervorgehende Nutzen, bei einigermaßen hohem Preise die Kosten der Anschaffung und die Mühe der Ausführung lohnte.

Fast am wenigsten ist der Stallmist im Stande, die Zersetzung des Phosphorits zu befördern, was auch auf sehr natürliche Weise erklärlich ist, da er fortwährend, bei allen seinen Umsetzungen, alkalisch reagirt, während doch ein Freimachen der Phosphorsäure aus ihrem dreibasischen Kalksalze nur beim Auftreten einer freien Säure möglich sein könnte. Es kann also das bisher hin und wieder empfohlene Einstreuen in die Stallungen und die Miststätte ebenfalls keinen hervorragenden Vortheil versprechen.

Die durch die vorliegenden Versuche erhaltenen Resultate lassen sich also schließlich in folgenden Sätzen präcisiren:

1. Die natürlichen Humusverbindungen haben in dem Zustande, wie sie in der Ackererde und der Moorsubstanz auftreten, die Fähigkeit, rohe Phosphorite zu zersetzen, wenn überhaupt, so nur in sehr geringem Maße.
2. Die humusartigen Zersetzungsproducte des Stallmistes üben in gleicher Weise kaum einen bemerkbaren Einfluß auf die Zersetzung der unlöslichen Phosphorite aus.
3. Die aus der Zersetzung der organischen Substanzen in jenen Medien sich bildende Kohlensäure hat ebenfalls nicht die Fähigkeit, den durch die atmosphärischen Einflüsse bewirkten Verwitterungsproceß des Phosphorits in praktisch verwerthbarer Weise zu beschleunigen.
4. Die in dem sogenannten sauren Humus vorkommenden organischen Säuren vermögen ebenfalls nicht den Phosphorit anzugreifen.
5. Die im Boden circulirenden anorganischen Salze, namentlich aber die salpetersauren, und, indem sie in diese übergehen, auch die Ammoniaksalze, haben in höherem Grade als die organischen Substanzen die Fähigkeit, zersetzend auf den Phosphorit einzuwirken, doch ist das Maß dieser Einwirkung zu gering, als daß es eine Compostirung verlohnte.
6. Manche Moorarten haben in hohem Grade die Fähigkeit, den Phosphorit aufzuschließen, infolge ihres Gehaltes an freier Schwefelsäure. — Da gerade solche Moorarten in der Regel durch Auswaschen der von der Vegetation herrührenden phosphorsauren Alkalien vollständig an Phosphorsäure erschöpft sind, so scheint es eine empfehlenswerthe Mani-

pulation zu sein, in denselben, wenn sie zur Kultur benutzt werden sollen, nachdem sie trocken gelegt sind, zunächst durch Einverleibung von billig zu beschaffendem, rohem Phosphorit einen gewissen Grundvorrath von Phosphorsäure niederzulegen. Derselbe wird durch die vorhandene Schwefelsäure zum großen Theil zersetzt, so daß, wenn alsdann reichlich Kalk zugeführt wird, was in solchem Falle, d. h. beim Vorhandensein einer von Schwefelsäure herrührenden sauren Reaction, unbedingt zur Ermöglichung einer Kultur geschehen muß, die gelöste Phosphorsäure in feiner Vertheilung niedergeschlagen wird; eine Ausnutzung des Phosphorits, die bei Moorarten, welche freie Schwefelsäure oder wenigstens oxydirbaren Schwefel nicht enthalten, auf keinen Fall gelingen wird.

Hiermit haben die Arbeiten der Versuchsstation über die durch Compostirung mit natürlichen Medien zu bewirkende Aufschließung des rohen Phosphorits ihren Abschluß gefunden, da es nach den gewonnenen Resultaten keinem Zweifel unterliegt, daß alle theoretischen Betrachtungen über das Verhältniß der Humussubstanzen zu den phosphorsauren Salzen wenigstens für die Frage der Phosphoritausnutzung ohne praktische Bedeutung sind.

B. Ueber das Verhalten der stickstoffhaltigen Verbindungen in natürlichen humosen Medien.

Einleitung. Untersuchungsmethoden.

Da bei den 1873er Versuchen über die Compostirung mit Phosphorit den sich umsetzenden stickstoffhaltigen Verbindungen eine beeinflussende Rolle zuzukommen schien, so wurde denselben schon damals besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Bei dem reichlichen Beobachtungsmaterial jedoch, das sich aus den bezüglichen Untersuchungen ergab, und der hohen Wichtigkeit derselben für praktische Verhältnisse wurden im folgenden Jahre besonders ihrer Beobachtung wegen die Versuche so umfangreich und mit so mannigfaltigen Materialien unternommen, wie es geschehen ist.

Die dadurch erhaltenen Daten scheinen denn auch einige Beiträge zur Kenntniß der Umsetzungen, welche die stickstoffhaltigen Verbindungen in natürlichen humosen Medien erleiden, zu liefern, so daß es wohl gerechtfertigt erscheinen mag, sie an dieser Stelle zu recapituliren:

Es waren in den Kästen der Versuche, sowohl von 1873 als auch von 1874, deren Füllungsart aus dem ersten Theil dieser Arbeit zu ersehen ist, gerade die hauptsächlichsten Stickstoffverbindungen, die in der Landwirthschaft in Betracht kommen, vorhanden: Ammoniaksalze sowie auch die organischen stickstoffhaltigen Stoffe der Jauche, des Mistes, der Ackererde und der Moorsubstanz, so daß eine sorgfältige Beobachtung des Verhaltens derselben während so langer Zeit und in so günstigen Medien manches Interessante über diesen Gegenstand liefern mußte.

Das Ammoniak wurde so bestimmt, daß 50 Gramm der lufttrockenen Proben

und 3 Gramm frisch geglühter Magnesia mit $^1/_2$ Liter destillirten Wassers geschüttelt und gekocht wurden, bis die Hälfte von Letzterem abdestillirt war, was immer $^3/_4$ Stunde Zeit in Anspruch nahm. Das ausgetriebene Ammoniak wurde in titriter Schwefelsäure aufgefangen, deren Ueberschuß dann durch Barytwasser titrirt wurde. Zur Controle der Richtigkeit jener Zeitdauer wurden mehrere Proben so lange gekocht, bis fast sämmtliches Wasser abdestillirt war, doch konnte dadurch nicht mehr Ammoniak erhalten werden, als dann, wenn die Destillation nach obiger Dauer unterbrochen wurde.

Die Bestimmung der Salpetersäure geschah nach der Schlösing'schen Methode, und zwar in folgender Weise: Es wurden 100 bis 200 Gramm der lufttrockenen Materialien mit Wasser bis zu einem Liter aufgefüllt, im Literkolben 12 Stunden unter häufigem Umschütteln stehen gelassen und alsdann die Flüssigkeit abfiltrirt. Von dem Extract wurden nun bei reichlichem Vorhandensein von Salpetersäure 75 bis 100 Cc. direct zur Bestimmung genommen, im entgegengesetzten Falle wurde möglichst das ganze Filtrat, 700—800 Cc. gemessen, eingedampft auf ein kleines Volumen, und im Ganzen die Salpetersäure bestimmt. Die Salpetersäurebestimmung in den Versuchsmaterialien wurde erst unternommen, nachdem Referent die vorhandenen Apparate und Reagensflüssigkeiten, sowie sämmtliche Manipulationen auf ihre richtige Leistungsfähigkeit geprüft hatte, dadurch daß eine verdünnte Salpetersäurelösung, in welcher der Gehalt an Salpetersäure ebenfalls durch Titration mit Barytwasser bestimmt worden, neutralisirt und ebenso wie jene Extracte nach dieser Methode behandelt, am Ende eine Säure ergab, die wieder ebenso viel Barytwasser zur Neutralisirung gebrauchte.

Der gesammte Stickstoff wurde durch Verbrennen der Substanz mit Natronkalk und Titriren des erhaltenen Ammoniaks mittelst Barytwasser bestimmt; bei den Kästen, in welchen eine reichlichere Salpetersäurebildung stattgefunden hatte, oder wo das Compostirungsmaterial zu wenig Stickstoff enthielt, als daß jene Methode des Verbrennens mit Natronkalk zuverlässige Resultate geliefert hätte, wurde in den betreffenden Proben, sowohl vor wie nach dem Versuche, der Stickstoff volumetrisch nach Dumas bestimmt, ebenfalls erst, nachdem in reinem Asparagin der Stickstoff nach dieser Methode wiederholt genau gefunden worden.

Beschreibung der Versuche.

Versuche von 1873.

Die Untersuchung der Versuchsobjecte ergab die in folgenden Tabellen zusammengestellten Zahlen:

	In der Trockensubstanz		
	Gesammt-Stickstoff. pCt.	Stickstoff als Ammoniak. pCt.	Stickstoff als Salpetersäure. pCt.
Moorerde zu Kasten I, II und III . . .	1·738	0·0211	0·01856
Humose Erde zu Kasten IV und V . . .	0·585	0·01	0·0102
Erde von Reideburg zu Kasten VI . . .	0·171	0·0039	0·00122
Erde von Diemitz zu Kasten VII und VIII	0·110	—	0·00257
Erde zu Kasten IX und X	0·0872	—	0·00077
Erde zur Unterlage und Decke der Mistkästen	0·109	—	0·00206
Mist zu Kasten XI, XII und XIII . . .	1·251	0·0392	—

Nach diesen Procentsätzen sind, mit Zugrundelegung der Trockensubstanzmengen, in die einzelnen Kästen zu Beginn des Versuchs gebracht worden:

	Gesammt-Stickstoff. Kilo.	Stickstoff als Ammoniak. Kilo.	Stickstoff als Salpetersäure. Kilo.
Kasten I in der Moorsubstanz	2·890	0·0351	0·031
Kasten II in der Moorsubstanz	2·890	0·0351	0·031
Durch Jauche . . .	0·787	—	—
Summa	3·677	0·0351	0·031
Kasten III in der Moorsubstanz	2·890	0·051	0·031
Durch $SO^4(NH^4)^2$.	1·032	1·0320	—
Summa	3·922	1·0671	0·031
Kasten IV in der Erde .	1·242	0·0212	0·0217
Kasten V „ „ „	1·242	0·0212	0·0217
Durch Jauche . . .	1·098	—	—
Summa	2·340	0·0212	0·0217
Kasten VI in der Erde .	0·349	0·008	0·0025
Durch Jauche . . .	0·778	—	—
Summa	1·127	0·008	0·0025
Kasten VII in der Erde	0·331	—	0·0077
Kasten VIII „ „ „	0·331	—	0·0077
Durch Jauche . . .	1·189	—	—

	Gesammt-Stickstoff. Kilo.	Stickstoff als Ammoniak. Kilo.	Stickstoff als Salpetersäure. Kilo.
Summa	1·520	—	0·0077
Kasten IX in der Erde	0·263	—	0·0023
Kasten X „ „ „	0·263	—	0·0023
Durch Jauche . . .	0·942	—	—
Summa	1·205	—	0·0023
Kasten XI im Mist . .	0·488	0·0154	—
In der Erde . . .	0·125	—	0·0024
Summa	0·613	0·0154	0·0024
Kasten XII i. Mist u. Erde	0·613	0·0154	0·0024
Durch Jauche . . .	0·313	—	—
Summa	0·926	0·0154	0·0024
Kasten XIII i. Mist u. Erde	0·613	0·0154	0·0024

Am Ende des Versuchs wurden in den lufttrockenen Proben gefunden:

Kasten.	Gesammt-Stickstoff.		Stickstoff als Ammoniak.		Stickstoff als Salpetersäure	
	pCt.	im ganzen Kasten Kilo.	pCt.	im ganzen Kasten Kilo.	pCt.	im ganzen Kasten Kilo.
I.	1·784	3·268	0·011	0·020	0·0507	0·0929
II.	2·076	3·891	0·017	0·032	0·3098	0·5807
III.	2·127	3·874	0·122	0·222	0·2356	0·4291
IV.	0·6619	1·548	0·00535	0·0125	0·0209	0·0489
V.	0·900	2·128	0·1333	0·3152	0·1732	0·4095
VI.	0·360	0·809	0·009	0·0202	0·1267	0·2847
VII.	0·108	0·358	—	—	0·000902	0·003
VIII.	0·305	1·013	0·0767	0·2550	0·0897	0·298
IX.	0·0721	0·238	—	—	—	—
X.	0·193	0·635	0·0871	0·2864	—	—
XI.	0·396	0·697	0·0125	0·022	—	—
XII.	0·417	0·733	0·013	0·023	0·0107	0·0188
XIII.	0·351	0·683	0·013	0·0253	—	—

Zur bessern Uebersicht sind in folgender Tabelle die Zahlen noch einmal neben einander gestellt:

Kasten.	Gesammt-Stickstoff.		Stickstoff als Ammoniak.		Stickstoff als Salpetersäure.	
	Vor dem Versuche Grm.	Nach dem Versuche Grm.	Vor dem Versuche Grm.	Nach dem Versuche Grm.	Vor dem Versuche Grm.	Nach dem Versuche Grm.
I.	2890	3268	35·1	20·0	31·0	92·9
II.	3677	3891	35·1	32·0	31·0	580·7
III.	3922	3874	1067·1	222·0	31·0	429·1
IV.	1242	1548	21·2	12·5	21·7	48·9
V.	2340	2128	21·2	315·2	21·7	409·5
VI.	1127	809	8·0	20·2	2·5	284·7
VII.	331	358	—	—	7·7	3·0
VIII.	1520	1013	—	255·0	7·7	298·0
IX.	263	238	—	—	2·3	—
X.	1205	635	—	286·4	2·3	—
XI.	613	697	15·4	22·0	2·4	—
XII.	926	733	15·4	23·0	2·4	18·8
XIII.	613	683	15·4	25·3	2·4	—

Was zunächst die Mengen an Gesammtstickstoff anbetrifft, so zeigt sich leider, daß in allen Kästen, wo Erde mit Jauche übergossen worden, jene durch das Compostiren bedeutend abgenommen haben. Allerdings ist es bekannt, daß bei der Fäulniß organischer Stoffe Stickstoff gasförmig sich verflüchtigen kann, doch sind die hier vorliegenden Verluste zu bedeutend, als daß sie aus jenem Vorgange erklärt werden könnten. Es muß daher ein großer Theil als Ammoniak sich verflüchtigt haben, wie denn auch während des Versuchs bei den betreffenden Kästen Ammoniakgeruch zu erkennen war. Nur bei Kasten XII, in welchem Stallmist einen Jauchezuschuß erhielt, hat außerdem noch ein Verlust durch Abfluß stattgefunden: wie schon früher erwähnt, konnte hier nicht aller Abfluß wieder aufgegossen werden, sondern es wurde schließlich, da die wasserfassende Kraft des Materials erschöpft war, ein Rest zurückbehalten, um darin die Phosphorsäure zu bestimmen, von der übrigens keine Spur darin enthalten war. Auf die darin jedenfalls vorhandenen Stickstoffverbindungen wurde aber keine Rücksicht genommen, da erst nachträglich die Absicht entstand, dieselben mit in das Bereich der Untersuchungen hereinzuziehen. Es wird durch jene Verluste an Ammoniak bei Vorhandensein von Ackererde zunächst bestätigt, daß die Absorptionsfähigkeit der Erde für Ammoniak, bei Anwesenheit großer Mengen des Letztern, bald ihre Grenze erreicht, was bei Anwendung von Erde in Ställen als Präventivmittel

gegen die Verflüchtigung von Ammoniak wohl zu berücksichtigen ist. Die humose Ackererde besitzt allerdings in nicht unbedeutendem Maße diese Fähigkeit, ja sie kann, wie Kasten VII zeigt, in welchem nur mit Wasser befeuchteter Boden sich befand, immerhin aus der umgebenden Luft noch Ammoniak anziehen, wenn Letztere dasselbe in reicher Menge enthält, wie es freilich hier bei der massenhaften Ammoniakverflüchtigung aus den in unmittelbarer Nähe stehenden anderen Kästen der Fall war. Aber diese Fähigkeit ist nicht zu überschätzen, die Absorption betrug, selbst bei Darbietung so großen Ueberschusses von Ammoniak nur wenige Zehntel Procente von der angewandten Erdmenge.

Nur allein die Moorerde hatte, trotzdem es in Kasten II auch mit bedeutenden Mengen Jauche behandelt war, nicht nur kein Ammoniak verflüchtigen lassen, sondern sowohl in diesem Kasten als auch besonders in Kasten I noch solches reichlich aus der Luft absorbirt. Dasselbe hatte auch der saure Humus in Kasten IV gethan, wenn auch dessen Absorptionsfähigkeit kaum so groß gewesen, um im Kasten V das aus Jauche sich bildende Ammoniak vollständig festzuhalten.

Es zeigen also diese Versuche, wie viel größere Mengen von Ammoniak die Moorerde und andere Humussubstanz, vermöge der darin enthaltenen freien Humussäuren, zu binden im Stande ist, als die Ackererde vermöge der absorbirenden Kraft ihrer Bestandtheile. Wenn auch in Letzterer zahlreiche Agentien anorganischer Natur vorhanden sind, die eine Bindung des Ammoniaks bewirken, so steht die Absorption des Ammoniaks durch natürliche Medien doch, wie obige Resultate zeigen, in einem gewissen geraden Verhältniß zu dem Gehalte derselben an Humussubstanzen. Es geht daraus hervor, daß, wenn man durch Anwendung erdartigen Materials die Verflüchtigung von Ammoniak in den Stallungen und auf der Miststätte verhindern will, die humusreicheren Substanzen den Vorzug verdienen.

Ferner bestätigen die Versuche, daß in fast allen Medien, bei reichlichem Vorhandensein von Stickstoffverbindungen, Salpetersäure gebildet wird und zwar in sehr reichlichem Maße, wie folgende Uebersicht zeigt. (s. S. 207.)

Wie schon von Knop und W. Wolff[1]) und neuerdings namentlich von J. Fittbogen[2]) gezeigt ist, hat die Salpetersäurebildung besonders ein hohes Maß erreicht in der die Luftcirculation sehr begünstigenden Moorerde und dem Humus. — Auch ist hier ebenso, wie bei den Untersuchungen von Fittbogen, der Einfluß des kohlensauren Kalkes auf die Entstehung der Salpetersäure nicht zu verkennen, namentlich in Kasten VI, in welchem verhältnißmäßig die meiste Salpetersäure gebildet worden ist.

Um den Einfluß des Kalkes in dieser Beziehung besser beobachten zu können, wurden Bestimmungen der Mengen Kalk vorgenommen, welche in den verschiedenen Erden in kohlensaurer und humussaurer Verbindung vorhanden waren,

1) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. 3. Bd. S. 207. Ueber das Vorkommen und Verhalten des Ammoniaks in der Ackererde von Dr. W. Knop und W. Wolf."

2) Landwirthschaftliche Jahrbücher. 1874. Heft 1. S. 109.

	Vom Rohmaterial absorbirter Stickstoff. Grm.	Zunahme an Salpetersäurestickstoff. Grm.	Vom absorbirten Stickstoff sind in Salpetersäure übergegangen. Grm.
I. Moorerde und Wasser . . .	378	61·9	16·38
II. Moorerde und Jauche . . .	1001	549·7	54·92
III. Moorerde und $SO^4(NH^4)^2$.	984	398·1	40·46
IV. Saurer Humus und Wasser .	306	27·2	8·89
V. dito und Jauche . . .	886	387·8	43·77
VI. Erde und Jauche	460	282·2	61·35
VII. Erde und Wasser . . .	27	—	—
VIII. Erde und Jauche	682	290·3	42·45
IX. Erde, Kalisalz und Wasser. .	—	—	—
X. Erde, Kalisalz und Jauche. .	372	—	—
XI. Pferdemist und Erde. . . .	84	—	—
XII. Pferdemist, Erde und Jauche.	120	16·4	13·67
XIII. Pferdemist, Erde und Kalisalz	70	—	—

da der an andere Säuren (Schwefelsäure ꝛc.) gebundene die Bildung von Salpetersäure nicht gefördert haben konnte. Es wurden zu diesem Zwecke Proben der Erden verascht, und die Aschen so lange mit kohlensäurehaltigem Wasser befeuchtet und wieder schwach geglüht, bis sie constantes Gewicht zeigten; in den so präparirten Aschen wurde die Kohlensäure direct bestimmt, und die derselben entsprechende Kalkmenge berechnet.

In folgender Uebersicht sind neben den Procentgehalt der Rohmaterialien an Kalk die Zahlen gestellt, welche angeben, wie viel von dem in den betreffenden Kästen absorbirten Stickstoff in Salpetersäure übergeführt ist:

	Im Rohmaterial findenthalten pCt. Kalk.	Vom absorbirten Stickstoff sind in Salpetersäure übergeführt pCt.
1. Erde von Reideburg zu Kasten VI . . .	5·640	Kasten VI 61·35
2. Moorerde zu Kasten I, II u. III . . .	2·579	„ II 54·92
3. Erde von Diemitz zu Kasten VII u. VIII	0·360	„ VIII 42·57
4. Erde zu Kasten IX und X	0·134	„ X —
5. Humose Erde zu Kasten IV und V . .	0·130	„ V 43·77

Eine Vergleichung dieser Reihe mit den bei denselben Erden gebildeten Mengen von Salpetersäure zeigt deutlich, daß, wenn auch das Vorhandensein von kohlensaurem und humussaurem Kalk auf die Oxydirung der Stickstoffverbindungen von Einfluß ist, das Maß der Letzteren doch bei Weitem nicht von der Menge jener Kalkverbindungen allein abhängt. Vielmehr ist bei der humosen Erde in Kasten V, die nur sehr wenig kohlensauren Kalk enthält, noch eine bedeutende Menge von Salpetersäure gebildet, und auch die Erde von Diemitz in Kasten VIII, aus deren Asche ebenfalls verhältnißmäßig wenig Kohlensäure entwickelt werden konnte, hatte ziemlich die Hälfte des absorbirten Stickstoffs zu oxydiren vermocht. Es sind also alle Erden im Stande, bei Vorhandensein von Ammoniak jenen wichtigen Pflanzennährstoff, die Salpetersäure, in reichlicher Menge zu bilden.

Auf der anderen Seite aber wurde schon vorhandenes Ammoniak in den Erden und der Moorsubstanz zum Theil auch wieder in complexere Stickstoffverbindungen umgewandelt, welcher Umstand ebenfalls schon von Knop wiederholt erwähnt worden ist. Es geht das namentlich aus den für Kasten III erhaltenen Zahlen hervor. Die Menge des gesammten Stickstoffs ergab sich in demselben am Anfang und Ende des Versuchs ziemlich genau als gleich, ein Verlust an Stickstoff überhaupt hatte also nicht Statt gefunden. Während aber die Menge des in Form von schwefelsaurem Ammoniak zugeführten Stickstoffs 1·032 Kilo, vermehrt um den schon bei Anstellung des Versuchs in Form von Ammoniak und Salpetersäure in der Moorsubstanz vorhandenen (0·0351 + 0·031) = 1·098 Kilo betrug, wurden am Ende des Versuchs in diesem Kasten nur 0·222 + 0·4291 = 0·6511 Kilo Stickstoff in jener Form wiedergefunden. Es mußten also ca. 400 Grm. Stickstoff in complexere Verbindungen übergegangen sein.

Da vermuthet werden konnte, daß vielleicht das Kochen mit Magnesia usta nicht alles gebundene Ammoniak ausgetrieben hätte, so wurden Proben des aus Kasten III entnommenen Materials mit Kalkmilch gekocht, und das entwickelte Ammoniak bestimmt. Dabei wurde allerdings bedeutend mehr Ammoniak erhalten, als durch Kochen mit Magnesia, nämlich im Durchschnitt 0·477 Kilo Stickstoff für die gesammte Füllung des Kastens; doch mußte ein Theil desselben aus anderen stickstoffhaltigen Substanzen entstanden sein, aus welchen es durch die auf Proteïnstoffe ꝛc. zersetzend wirkende Kalkmilch erst neugebildet war. Es mußte also die Moorsubstanz an sich, so wie sie zu den Versuchen verwendet war, ebenfalls mit Kalkmilch in genau derselben Weise ausgekocht werden, und die Differenz der aus beiden Bestimmungen erhaltenen Ammoniakmengen konnte erst das Ammoniakquantum für Kasten III ergeben, welches als solches darin enthalten war. Es wurden zu jeder Bestimmung abgewogene gleiche Mengen frisch gebrannten Kalkes unmittelbar vorher gelöscht, und beiderlei Substanzen damit während gleicher Zeitdauer gekocht. Auf diese Weise wurde in der Gesammtmenge der in den Kasten gebrachten Moorsubstanz 0·261 Kilo N. in Ammoniakform gefunden. Zieht man diese Zahl von der vorigen ab, so bleiben nach der Bestimmung durch Kalkmilch 0·216 Kilo Stickstoff, welche aus dem zugesetzten

schwefelsauren Ammoniak herrühren müssen. In gleicher Weise erhält man mit Magnesia 0·222 Kilo, vermindert um 0·035 Kilo, welche Menge ebenfalls schon aus der bloßen Moorsubstanz durch diese Bestimmungsweise erhalten war, = 0·187 Kilo Stickstoff. Es konnte also auch durch Kalkmilch nicht wesentlich mehr aus dem schwefelsauren Ammoniak herrührendes Ammoniak entwickelt werden, so daß jenes Fehlen von ca. 400 Gramm Stickstoff nicht anders als durch den Uebergang des Ammoniaks in complexere Stickstoffverbindungen erklärt werden kann.

Ein ähnlicher Vorgang mußte auch bei den Kästen I und IV stattgefunden haben, deren Gesammtstickstoff-Zunahmen von 0·378 resp. 0·306 Kilo doch nur allein von aus der Luft absorbirtem Ammoniak herrühren konnte, deren Gehalt an Ammoniak und Salpetersäure aber bei Weitem nicht entsprechend zugenommen hatte.

Auffallend ist es, daß wie in Betreff der Phosphoritaufschließung, so auch in Betreff der Stickstoffumsetzungen der Mist so wenig Resultate zeigte. Allerdings mußte die Möglichkeit angenommen werden, daß Stickstoffverbindungen, namentlich Salpetersäure zum Theil verloren gegangen waren, aber die zurückgebliebene Menge des Gesammtstickstoffs hatte in dem mit Jauche begossenen Kasten doch nicht in viel größerem Verhältnisse abgenommen, als es bei den betreffenden Erdkästen geschehen war, und die beiden anderen Kästen zeigten sogar eine Zunahme, herrührend von aus der Luft absorbirtem Ammoniak. Dennoch wies jener Kasten nur eine sehr geringe Menge von Salpetersäure auf, die letzteren gar keine. Vielleicht hatte die Dauer des Versuchs nicht lange genug gewährt, um diese Umwandelungen durchzuführen, und möglicher Weise konnte ein wiederholter, längerer Versuch bessere Aufschlüsse geben, oder vielleicht hatte der Mist unter dem Drucke der Erddecke zu fest gelegen, und es lag in dem mangelhaften Luftzutritt der Grund für die geringen Erfolge.

Eine besondere Beachtung verdienen noch die mit Kalisalz angestellten Versuche. Es hatten zwei Erdkästen Zumischung von Kalisalz erhalten, von denen der eine reichlich mit Jauche begossen worden war; aber während alle anderen Erdproben in solchem Falle sehr reichliche Salpetersäuremengen geliefert hatten, konnte in diesen Kästen keine Spur davon nachgewiesen werden.

Wie also der conservirende Einfluß des Kalisalzes auf die äußere Beschaffenheit des Mistes schon constatirt werden mußte, so hatte dasselbe ebenso auch auf die Bestandtheile der Jauche gewirkt, obgleich es nicht im Stande gewesen war, zu verhindern, daß bedeutende Mengen des aus der Jauche herrührenden Stickstoffes im Kasten X entwichen waren. *Das Kalisalz vermag also in der Erde, bei noch so reichlichem Vorhandensein von Ammoniaksalz der Salpetersäurebildung vollständig Einhalt zu thun:* es wirkt conservirend auf die stickstoffhaltigen Verbindungen, insofern als es ihre Ueberführung in Salpetersäure verhindert, ohne daß aber seine conservirende Wirkung sich soweit erstreckte, um animalischen Dünger vor Stickstoffverlust durch Ammoniakverflüchtigung zu schützen.

Diese Beobachtung dürfte vielleicht insofern von Interesse sein, als durch

solches Verhalten möglicher Weise in vielen Fällen die mangelhafte, ja zuweilen ungünstige Wirkung der Kalisalzdüngung erklärt werden könnte. Denn während die Salpetersäure schon längst als diejenige Verbindung erkannt ist, in welcher die Pflanzen am leichtesten und vortheilhaftesten den Stickstoff aufnehmen, so hat durch zahlreiche Vegetationsversuche, wenn auch durch den einen oder den anderen einmal constatirt wurde, daß Ammoniak von den Pflanzen aufgenommen werden konnte, doch immer noch nicht mit zweifelloser Sicherheit der Beweis geliefert werden können, daß eine volle, genügende Vegetation bei alleinigem Vorhandensein des Stickstoffs als Ammoniak möglich ist.

Versuche von 1874.

Die Untersuchung der Versuchsobjecte, deren Aufstellung ebenfalls schon im ersten Theil dieser Arbeit beschrieben worden, ergab folgende Resultate:

	Gesammt-Stickstoff		Stickstoff als Ammoniak		Stickstoff als Salpetersäure	
	Vor dem Versuch. Grm.	Nach dem Versuch. Grm.	Vor dem Versuch. Grm.	Nach dem Versuch. Grm.	Vor dem Versuch. Grm.	Nach dem Versuch. Grm.
1) Erde und Wasser . .	560	597	52·57	49·51	—	14·77
2) Erde und Jauche . .	2305	1629	52·57	346·10	—	564·77
3) Erde und $SO^4(NH^4)^2$	1603	1585	1095·57	410·47	—	406·99
4) Erde, Kalisalz u. Jauche	1335	950	44·32	212·14	—	Spur
5) Erde, Kalisalz und $SO^4(NH^4)^2$ . . .	1603	1179	1095·57	501·38	—	22·55
6) Saurer Humus u. Jauche	3228	2866	15·72	749·76	—	410·75
7) Pferdemist	946	963	25·08	27·48	—	46·50
8) Schwarze Moorerde u. Jauche	2549	2604	27·77	143·54	23·73	154·27
9) Schwarze Moorerde u. Wasser	3500	3858	52·68	35·52	50·01	75·85
10) Schwarze Moorerde u. Jauche	4537	4602	52·68	215·34	50·01	268·72
11) Schwarze Moorerde u. $SO^4(NH^4)^2$ . .	4543	4536	1095·68	945·73	50 01	55·94
12) Schwarze Moorerde, Kalisalz und Jauche	4513	4247	52·68	644·99	50 01	117·79
13) Schwarze Moorerde, Kalisalz u. $SO^4(NH^4)^2$	4357	3990	1092·88	787·78	47·36	11·49
14) Braune Moorerde und Wasser	4175	4488	76·91	46·69	25·53	96·99
15) Braune Moorerde und Jauche	5265	5315	76·91	51·95	25·53	847·49

Leider ergab sich beim Aufnehmen der Versuche, daß das Kalisalz in den damit beschickten Kästen die Wirkung gehabt hatte, die Zinkauskleidung derselben, soweit sie mit dem Salze in Berührung gekommen war, fast vollständig zu zerstören.

Für die Frage über das Maß der Stickstoffumsetzungen konnten daher die betreffenden Kästen nicht entscheidend sein, denn da sich gerade bei diesen der Inhalt immer sehr feucht erhielt, so war jedenfalls ein nicht unbeträchtlicher Theil des löslichen Stickstoffs durch den Boden der aus Brettern bestehenden Kästen hindurch gesickert. Für die Frage der Phosphoritzersetzung war dies nicht von Einfluß, da in dem aus dem Abflußrohr, das an diesen wie an allen Kästen angebracht war, ablaufenden Wasser keine Phosphorsäure nachgewiesen werden konnte. Die übrigen Kästen jedoch hatten bis zu Ende des Versuchs ihre dicht schließende Verkleidung behalten; es ist daher bei diesen die Befürchtung ausgeschlossen, daß durch abfließendes Wasser irgend ein in Betracht kommender Stoff entfernt worden wäre.

Es enthalten daher die beiden Kästen III und XI, in welchen das Compostirungsmaterial nur mit schwefelsaurem Ammoniak gemischt worden, vor und nach dem Versuche fast ganz genau dieselbe Menge an Gesammtstickstoff, da hier das Ammoniak vor Verflüchtigung geschützt war, während allerdings die Kästen V und XIII, mit Kalisalz und schwefelsaurem Ammoniak, einen bedeutenden Verlust an Stickstoff aufweisen.

Wieder zeigen die Versuche, daß die Absorptionsfähigkeit für Ammoniak bei der Moorerde eine sehr hohe, ziemlich gering dagegen bei der humusärmeren Erde ist. So hatten in Kasten II 315 Kilo Erde von 1745 Grm. in der Jauche dargebotenem Stickstoff nur 1069 Grm. festhalten können, während die Moorerde nicht nur allen Stickstoff, der ihr in demselben Verhältniß in der Jauche zugeführt wurde, vor Verflüchtigung schützte, sondern außerdem noch im Stande war, aus der Luft Ammoniak anzuziehen.

In Betreff der Salpetersäurebildung giebt folgende Tabelle (s. S. 212) Aufschluß:

Ebenso wie bei den 1873er Versuchen ist die meiste Salpetersäure gebildet bei der humosen, reichlich kohlensauren Kalk enthaltenden Ackererde und der braunen Moorerde von Fienrode. Wenn auch die gebildeten Mengen etwas von den dort erzielten abweichen, so ist im Allgemeinen doch das Resultat dasselbe, daß bei einem lockeren, humosen, die Luftcirculation sehr fördernden Material, bei Vorhandensein von kohlensaurem Kalk die Salpetersäurebildung die größten Dimensionen annimmt, bis über die Hälfte des absorbirten Stickstoffs.

Etwas geringer, aber immer noch ziemlich bedeutend ist die Intensität der Nitrification im sauren Humus gewesen, die sich in den beiden Versuchsjahren beinahe constant hielt, geringer als in der Ackererde und der Fienroder Moorsubstanz, infolge des Mangels an kohlensaurem Kalk.

Nach alledem ist aber die viel geringere Salpetersäurebildung in der schwarzen Moorerde von Westerhausen überraschend, die allerdings keinen kohlensauren

	Vom Rohmaterial absorbirter Stickstoff. Grm.	Zunahme an Salpetersäure-Stickstoff. Grm.	Vom absorbirten Stickstoff sind in Salpetersäure übergegangen pCt.
1	37	14·77	39·92
2	1069	564·77	52·83
3	1025	406·99	39·71
4	(474)	(Spur)	
5	(619)	22·55	(3·64)
6	1138	410·75	36·09
7	428 (Stickstoff des Stallmistes)	46·50	10·87
8	759	130·54	17·20
9	358	25·84	7·22
10	1102	218·71	19·85
11	1036	5 93	0·57
12	(747)	67·78	(9·07)
13	(676)		
14	313	71·46	22·83
15	1140	821·96	72·10

Kalk enthält, und deshalb in dieser Beziehung nicht mit jenen damit versehenen Materialien concurriren kann, aber doch mindestens mit dem sauren Humus auf einer Stufe stehen müßte. Es ist möglich, daß die Oxydationstendenz der in dieser Moorsubstanz enthaltenen organischen Substanz eine so starke ist, daß dadurch auf die übrigen vorhandenen Substanzen in reducirender Weise eingewirkt, und dadurch die Entstehung der Salpetersäure verzögert wird.

Nicht unbemerkt kann es auch bleiben, daß bei Zuführung von schwefelsaurem Ammoniak weit weniger Salpetersäure entstanden ist, als bei Zuführung von Jauche; so sind im Kasten II mit Jauche 52·83 pCt., im Kasten III mit schwefelsaurem Ammoniak nur 39·71 pCt. des absorbirten Stickstoffs in Salpetersäure übergegangen, und während in Kasten VIII und X die Nitrification noch 17·20 resp. 19·85 pCt. des absorbirten Stickstoffs beträgt, ist in Kasten XI kaum eine Spur von Salpetersäure entstanden. Das schwefelsaure Ammoniak scheint sich somit hartnäckiger zu conserviren, und namentlich da, wo es keine leicht zersetzbaren, besonders kohlensauren Salze findet (wie in Kasten XI), scheint der dadurch zugeführte Stickstoff viel weniger leicht in Salpetersäure überzugehen, als bei Zufuhr von kohlensaurem Ammoniak. Jedenfalls ist es die durch Zuführung von Jauche resp. kohlensaurem Ammoniak hervorgerufene alkalische Reaction, welche die Salpetersäurebildung in diesem Falle begünstigt. Ein solches Moment

würde, wenn es durch weitere Beobachtungen Bestätigung fände, ohne Zweifel von Bedeutung für die Anwendung jenes Salzes, des schwefelsauren Ammoniaks, im landwirthschaftlichem Betriebe sein.

In Betreff der Nitrifikation der in dem Pferdemist enthaltenen stickstoffhaltigen Bestandtheile ist durch die letzten Versuche die früher ausgesprochene Erwartung bestätigt worden, insofern hier schon aus dem Pferdemist allein, ohne Zufuhr von Jauche, eine nicht unerhebliche Menge von Salpetersäure gebildet ist. Allerdings hat die Nitrifikation nicht ein so hohes Maß erreicht, wie beim Jauchestickstoff, doch ist es nicht anders zu erwarten, als daß ein großer Theil des im Stallmist enthaltenen Stickstoffs, herrührend aus dem Streustroh und unverdauten Futterresten, der Zersetzung einen weit größeren Widerstand entgegensetzt, als die schon beinahe bis zu den Endprodukten des Zerfalls organischer Stoffe gelangten stickstoffhaltigen Bestandtheile der Jauche.

Was endlich die bei den vorigen Versuchen anscheinend stattgefundene Rückbildung des Ammoniakstickstoffs in komplexere Stickstoffverbindungen anbetrifft, so findet sich auch in diesen Versuchen Anhalt dafür. In folgender Tabelle sind die darauf bezüglichen, von solchen Kästen, in welchen zweifelsohne eine Ammoniakabsorption angenommen werden muß, erhaltenen Daten aufgeführt, zugleich noch mit den entsprechenden Zahlen der Versuche von 1873:

	Als NH^3 absorbirter Stickstoff. Grm.	Als $NH^3 + N^2O^5$ vor dem Versuch vorhandener N. Grm.	Summa des N, der als NH^3 und N^2O^5 in den Versuch eingetreten. Grm.	Summa des als $NH^3 + N^2O^5$ nach dem Versuch vorhandenen N. Grm.	Von dem als NH^3 absorbirten Stickstoff sind in complexere Verb. übergeführt. pCt.
1874.					
Kasten 1. Erde und Wasser . . .	37	52·57	89·57	64·28	28·2
„ 3. Erde und $SO^4(NH^4)^2$.	1025	52·57	1077·57	817·46	24·1
„ 9. Moorerde und Wasser .	358	93·65	451·65	111·37	75·3
„ 11. Moorerde und $SO^4(NH^4)^2$	1036	93·65	1129·65	1001·67	11·3
„ 14. Moorerde und Wasser .	313	102·44	415·44	143·68	65·4
1873.					
Kasten I. Moorerde und Wasser .	378	66·1	444·1	112·9	74·6
„ III. Moorerde und $SO^4(NH^4)^2$	984	66·1	1050·1	651·1	38·0
„ IV. Saurer Humus und Wasser	306	42·9	348·9	61·4	82·4
„ VII. Erde (fast ohne CO^3 Ca) und Wasser . . .	27	7·7	34·7	3·0	91·4

In allen Kästen also, bei denen eine Beobachtung nach dieser Richtung hin möglich war, muß eine Rückbildung des Ammoniakstickstoffs stattgefunden haben; — bei den Kästen, die einen Zusatz von Jauche erhalten hatten, konnte natürlich nicht festgestellt werden, wie viel von dem in der Jauche enthaltenen Stickstoff als Ammoniaksalz und wie viel in anderer Verbindung zugeführt worden war; es konnte daher bei diesen keine der obigen ähnliche Stickstoffbilanz aufgestellt werden. Doch wird ohne Zweifel derselbe Vorgang nicht ausgeblieben sein.

Die in der letzten Rubrik obenstehender Tabelle angegebenen Prozentzahlen sind natürlich ganz willkürlich, sie hängen ab von der Menge des zur Absorption gebrachten Stickstoffs. Doch scheint wenigstens so viel daraus hervorzugehen, daß von zwei Erdproben, von denen die eine kohlensauren Kalk in reichlicher Menge, die andere nur wenig enthält, die erstere, in dem Verhältniß, wie sie mehr nitrifizirend wirkt, weniger Ammoniak in komplizirtere Stickstoffverbindungen umwandelt, als die andere. Im Uebrigen wird, wie nicht anders zu erwarten, von dem absorbirten Stickstoff prozentisch umsomehr umgewandelt, je weniger vorhanden ist.

Da die vorliegenden Untersuchungen über die Stickstoffumsetzungen nur beiläufig bei Gelegenheit anderer Versuche vorgenommen sind, so können sie natürlich keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit machen, zudem bestätigen sie nur schon früher gemachte, freilich bei Weitem noch nicht endgiltig zum Abschluß gelangte Beobachtungen. Dennoch mag es, da das analytische Material mit der sorgfältigsten Genauigkeit erworben worden ist, nicht ganz ungerechtfertigt erscheinen folgende Sätze als daraus hervorgehend zu präzisiren:

1. Sämmtliche in normalem Zustande befindlichen Ackererden haben die Fähigkeit, Ammoniaksalze, die ihnen einverleibt werden, zum großen Theil in Salpetersäure überzuführen.

2. Das Vorhandensein von kohlensaurem Kalk befördert diese Ueberführung in solchem Maße, daß in der Zeit eines halben Jahres weit über die Hälfte des absorbirten Ammoniaks nitrifizirt werden kann.

3. Reiches Vorhandensein von moor- oder humusartigen, die Lockerung befördernden Substanzen im Boden vermag ebenfalls die Salpetersäurebildung zu steigern.

4. Doch kann es Moorarten geben, deren organische Substanz sich in einem solchen Zustande befindet, daß die durch ihre Oxydirung hervorgerufenen Reduktionsvorgänge die Bildung der Salpetersäure verzögern.

5. Das an Schwefelsäure gebundene Ammoniak scheint, dem Boden in reichlicher Menge zugeführt, sich daselbst hartnäckiger zu konserviren und der Nitrifikation größeren Widerstand entgegenzusetzen als das kohlensaure Ammoniak, namentlich bei Abwesenheit anderer kohlensaurer Verbindungen im Boden.

6. Reichliche Zufuhr von Kalidüngesalz scheint die Salpetersäurebildung fast ganz zu verhindern.

7. Die Absorptionsfähigkeit der Ackererde für Ammoniak ist so gering, im Vergleich zu der an Humussäuren reichen Moorerde, daß bei nur einigermaßen

reichlichem Begießen mit Jauche die Erstere ein massenhaftes Entweichen von Ammoniak nicht verhindert, während die Letztere, mit Jauche fortwährend feucht erhalten, nicht nur das dadurch zugeführte Ammoniak vor Verflüchtigung schützt, sondern noch außerdem solches aus der Luft anzieht.

8. In allen natürlichen humosen Medien scheint zugeführtes Ammoniak in komplexere Stickstoffverbindungen übergeführt zu werden.

9. Das Vorhandensein von kohlensaurem Kalk verzögert in ähnlichem Verhältnisse, wie es die Salpetersäurebildung befördert, diese Rückbildung des Ammoniaks.

10. Die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Pferdemistes werden unvollkommener nitrifizirt als die der Jauche, insofern als ein Theil derselben, aus den Zersetzungsvorgängen des Thierkörpers herrührend, ebenso leicht in Salpetersäure übergeht (ca. 11 pCt. im Laufe eines halben Jahres), während der bei Weitem größere Theil, vom Streustroh und von unverdauten Futterresten geliefert, sich viel hartnäckiger konservirt.

Temperaturbefunde in drei Versuchskästen während des Sommers 1873 (in Graden der Réaumur'schen Skala).

Datum.		Aaften II. Moorerde mit Sande.	Aaften XII. Mit Sande.	Aaften XIII. Mit Asfalt.	Temperatur der Erde im Garten 1 Fuß tief.	Datum.		Aaften II. Moorerde mit Sande.	Aaften XII. Mit Sande.	Aaften XIII. Mit Asfalt.	Temperatur der Erde im Garten 1 Fuß tief.
Juli	12	17·0	25·0		15·3	August	13	14·5	17·5	16·0	13·3
	13	18·0	25·0		15·2		14	14·0	17·0	15·5	13·5
	14	18·0	24·5		15·0		15	13·5	16·0	15·0	13·3
	15	18·0	24·0		14·8		16	14·0	17·0	16·0	13·6
	16	17·0	22·0		14·5		17	14·5	18·0	17·0	14·0
	17	17·0	21·0		14·0		18	15·0	18·5	17·0	14·2
	18	16·0	20·0		13·8		19	15·0	19·0	17·5	14·2
	19	17·0	20·5		14·0		20	15·5	19·5	18·0	14·4
	20	16·5	19·5		13·8		21	15·5	20·0	18·0	14·0
	21	15·5	19·0		13·5		22	16·0	20·5	18·5	14·0
	22	16·0	20·0		14·2		23	16·5	22·0	19·5	14·7
	23	17·0	22·0		14·8		24	17·0	24·0	21·0	15·0
	24	18·0	24·5		15·0		25	18·0	25·0	22·0	15·2
	25	18·5	26·0		15·0		26	18·5	26·0	22·5	15·5
	26	18·5	27·5		15·1		27	19·0	26·5	23·0	15·7
	27	19·0	29·0		15·3		28	18·0	24·0	21·5	15·6
	28	19·5	29·0		15·4		29	17·0	21·0	19·0	15·2
	29	19·5	29·5		15·5		30	16·5	20·5	18·5	14·0
	30	19·0	28·0		15·3	Septbr.	31	15·5	18·0	18·5	13·8
	31	19·0	26·5		15·6		1	15·5	17·5	16·5	13·8
August	1	19·5	26·5		15·6		2	15·0	18·0	17·0	14·2
	2	19·0	27·0		15·3		3	16·0	18·5	17·0	14·3
	3	18·5	26·0	22·0	15·0		4	15·5	18·0	16·0	13·6
	4	17·0	24·0	22·0	14·6		5	15·0	17·5	15·5	13·4
	5	17·5	25·0	22·5	15·0		6	14·5	17·0	16·0	13·2
	6	17·5	25·5	23·0	15·2		7	14·0	16·0	15·0	12·8
	7	17·5	25·5		15·3		8	13·0	15·0	13·5	12·4
	8	18·0	26·0		15·4		9	12·5	14·0	13·0	12·2
	9	18·0	25·5	21·5	15·2		10	12·0	13·5	12·5	12·0
	10	17·5	24·0	21·0	15·0		11	11·5	12·5	11·5	11·8
	11	16·5	21·5	18·5	14·0		12	11·5	12·5	11·5	12·0
	12	15·0	19·0	17·0	13·5		13	11·5	12·5	11·5	12·0
						Septbr.	14	11·5	13·0	13·0	12·2
							15	11·5	12·5	13·0	12·1
							16	11·5	12·0	13·0	12·0
							17	11·0	11·5	12·0	11·8
							18	10·5	11·5	11·0	11·5
							19	10·5	11·5	11·0	11·2
							20	10·5	11·5	11·5	11·3
							21	10·5	11·5	11·5	11·6
							22	10·5	12·5	11·5	11·6
							23	10·5	11·5	11·5	11·0
							24	10·5	11·0	11·0	11·0
							25	10·5	11·0	11·0	10·8
							26	10·0	10·5	10·5	10·0
							27	10·0	10·5	10·5	10·0
							28	10·0	11·0	11·0	10·0
							29	10·5	11·5	11·0	10·3
							30	10·5	11·5	11·0	10·5
						Octbr.	1	10·5	12·0	11·5	10·0
							2	11·5	13·5	13·0	11·6
							3	12·0	13·0	13·0	11·8
							4	12·0	13·0	13·0	11·6
							5	12·0	12·5	13·0	11·5
							6	12·0	12·5	13·0	11·0
							7	12·0	12·5	12·5	10·8
							8	12·0	13·0	12·5	11·0
							9	11·5	12·5	12·0	11·0
							10	11·0	11·0	10·5	10·3
							11	11·0	11·0	11·0	10·3
							12	10·5	11·0	11·0	10·4
							13	10·5	11·0	11·0	10·5
							14	10·5	12·0	11·5	10·7

Chemische Untersuchungen auf dem Gebiete der Spiritusfabrikation.

Unter Mitwirkung von M. Delbrück
ausgeführt
von

Max Maercker.

(Hierzu 6 Tafeln.)

Im Nachstehenden übergiebt der Verfasser die seit einer Reihe von Jahren an der Versuchsstation zu Halle a. S. ausgeführten chemischen Untersuchungen auf dem Gebiete der Spiritusfabrikation der Oeffentlichkeit. Begonnen im Frühjahr 1872 bei Gelegenheit der Aufstellung des ersten Hollefreund'schen Apparates zu Friedeburg a. S. reichen dieselben bis in die letzten Monate. Es liegt in dieser Zeit eine schöne Entwickelung der Spiritusindustrie — aus einem von der Wissenschaft und Technik weniger begünstigtem Gewerbe, in welchem wenig Gemeinsinn und Verständniß für gemeinsame Interessen herrschte, ist sie schnell zu einer hohen Blüthe emporgediehen. Nicht allein bestreben sich jetzt die ersten technischen Kräfte, die einzelnen Vorgänge der Spiritusfabrikation zu vervollkommnen — auch der Sinn für wissenschaftliche Aufklärung ist erwacht und hat seinen Ausdruck in der Errichtung der chemischen Versuchsstation für die Spiritusfabrikation zu Berlin gefunden.

Es war für den Verfasser ein lohnendes Werk, dieser freudigen Entwickelung Schritt für Schritt zu folgen. Mühselig zwar darf der Anfang des von ihm eingeschlagenen Weges genannt werden. Galt es doch als Pionier auf einem so wenig erforschten Gebiete voranzugehen, selbst erst die Praxis der einzelnen Vorgänge der Spiritusfabrikation aus dem Grunde kennen zu lernen, um den so oft ausgesprochenen Vorwurf, die Wissenschaft schade der Praxis mehr als sie ihr nütze, weil sie mit halbem Verständniß der Vorgänge arbeite, von vornherein zu entkräften, galt es doch endlich, die Methoden der Untersuchung ausfindig zu machen und zu prüfen. Es wäre dem Verfasser auch nicht möglich gewesen, so schnell vorzudringen, wie es ihm gelang, hätte er nicht von vornherein bei den Brennereibesitzern volles Verständniß für die Wichtigkeit der von ihm geplanten Untersuchungen, verbunden mit seltener Opferfreudigkeit, gefunden; der Verfasser

entledigt sich hiermit einer Schuld, indem er allen den Männern, welche ihn in uneigennützigster Weise bei seinen Arbeiten unterstützt haben, vor Allen aber den Herren Amtsrath Bodenstein zu Nedlitz und Carl Nagel zu Trotha, welche so recht eigentlich seine Lehrmeister waren, den Dank öffentlich ausspricht.

Der Zweck der vorliegenden Arbeit war ein doppelter, einerseits durch das Studium der chemischen Vorgänge der Spiritusfabrikation die Kenntnisse über den Verlauf und Zweck derselben zu erweitern, andererseits aber auch durch Controlirung der einzelnen Vorgänge in ihrer Leistungsfähigkeit eine Uebersicht zu erhalten über den augenblicklichen Stand des Gewerbes; hierdurch gewann man das Material, um zu erfahren, wie weit die jetzige Praxis noch von der erreichbaren Höhe entfernt ist und auf welche Punkte des Fabrikationsprozesses Praxis und Wissenschaft hauptsächlich verbessernd zu wirken haben. Daß die Entfernung von der erreichbaren Höhe noch eine sehr große ist, daß noch viele Vorgänge wenig aufgeklärt sind, glaubt der Verfasser in Nachstehendem dargethan zu haben. Gelang es ihm, in dieser Arbeit einige Beiträge zur Aufklärung geliefert zu haben und gelang es ihm vor Allem, ein weitergehendes Interesse für die von ihm eingeschlagene Art der Behandlung erweckt zu haben, so fand er reichen Lohn für seine Mühe.

I. Untersuchungsmethoden.

Der Gang der Untersuchung bei einem Versuch mit Maischung von Kartoffeln gestaltet sich folgendermaßen:

Bei den ersten Versuchen, welche der Verfasser anstellte, wurden die Kartoffeln, nachdem sie die Waschvorrichtung passirt hatten, sorgfältigst gewogen, alsdann eine Durchschnittsprobe entnommen und nach dem spezifischen Gewicht auf Stärkemehl untersucht. Hiernach berechnete man die Menge des zum Einmaischen kommenden Stärkemehls. Diese Methode ist später gänzlich aufgegeben, weil man sichere Resultate mittelst derselben nicht erhalten konnte.

Einerseits haftet an den Kartoffeln, wie sie die Waschtrommel verlassen, eine nicht unbeträchtliche Menge Wasser, bald mehr, bald weniger, und stört hierdurch die Probenahme, andererseits werden die Kartoffeln durch die üblichen Waschvorrichtungen nicht so vollkommen gereinigt, um eine gleichmäßige Probenahme zu gestatten; sie müssen zur Bestimmung des spezifischen Gewichts mit der Bürste gereinigt, die abfallenden Verunreinigungen gewogen werden ꝛc. Endlich ist es mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden, auch von wirklich lufttrockenen und vollkommen gereinigten Kartoffeln eine zuverlässige Durchschnittsprobe zu entnehmen, weil anscheinend ganz gleichmäßige Kartoffeln in der That sehr verschieden im Stärkemehlgehalt ausfallen können.

Der Verfasser bestimmte z. B. von einer ungefähr 1 Kilo wiegenden Probe gelbfleischiger Zwiebelkartoffeln das spezifische Gewicht jeder einzelnen Kartoffel und erhielt hierbei:

Spez. Gewicht	Stärkemehl Proz.	Gewicht der Kartoffel Grm.	Stärkemehl in der Kartoffel
1·1244	24·6	29·30	7·21
1·1335	26·9	105·35	28·34
1·1183	23·2	155·25	35·02
1·1144	22·2	30·40	6·75
1·1316	26·4	53·65	14·16
1·0849	15·2	58·20	8·85
1·1266	25·1	119·90	30·09
1·1216	23·9	87·15	20·83
1·1296	25·9	63·75	16·51
1·1214	23·8	32·35	7·70
1·1254	24·8	70·60	17·36
1·0906	16·5	76·20	12·57
1·1296	25·9	21·10	5·46
1·1065	20·3	45·50	9·24
		918·8	220·09

Grm. Kartoffeln = Stärke
= 24·0 pCt.

Die Gesammtprobe zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes verwendet ergab ein solches von 1·1235 = 24·37 pCt. Stärke.

Es zeigen sich also sehr erhebliche Differenzen, die bei den vorstehenden Bestimmungen eine Schwankung von 15·2—26·9 pCt. Stärkemehl erkennen lassen.

Selbst bei größeren Proben fallen diese Schwankungen nicht ganz fort. Als z. B. bei einem Versuch von einer 2500 Kilo (50 Ctr.) wiegenden, zur Maischung bestimmten Kartoffelmasse 6 Proben von je 1 Kilo von 6 verschiedenen Stellen entnommen wurden, zeigten sich folgende Differenzen; die Zahlen sind nach aufsteigenden spezifischen Gewichten geordnet.

1008·5 Grm Kartoffeln = 1·1087 spez. Gew. = 20·9 pCt. Stärkemehl
1029·1 „ „ = 1·1109 „ „ = 21·3 „ „
1016·6 „ „ = 1·1125 „ „ = 21·8 „ „
1083·2 „ „ = 1·1161 „ „ = 22·5 „ „
1087·8 „ „ = 1·1186 „ „ = 23·3 „ „
1047·5 „ „ = 1·1194 „ „ = 23·4 „ „

Eine andere Reihe in einer anderen Brennerei ergab:

1061·8 Grm. Kartoffeln = 1·1237 spez. Gew. = 24·5 pCt. Stärkemehl
959·3 „ „ = 1·1249 „ „ = 24·8 „ „
1036·0 „ „ = 1·1292 „ „ = 25·7 „ „
1007·1 „ „ = 1·1298 „ „ = 26·0 „ „

Diese Zahlen sprechen deutlich genug für die Unsicherheit, welche durch Verschiedenheiten in der Probenahme hervorgebracht wird; ganz unzulässig erscheint danach die Untersuchung einer kleineren, selbst noch 1 Kilo wiegenden Probe;

größere Sicherheit dürfte die Untersuchung einer größeren, 5—10 Kilo wiegenden, von verschiedenen Stellen entnommenen Probe bieten.

Für die Praxis der Spiritusfabrikation folgt aus den obenstehenden Zahlen, daß eine jede Methode der Werthbestimmung von Kartoffeln absolut unzuverlässig ist, sobald dieselbe nicht die Untersuchung größerer Mengen zuläßt. So giebt es eine Bestimmungsmethode, aus einer Kartoffel einen Würfel von bestimmter Größe auszustechen, durch einen Drahtstift an eine Senkwaage zu befestigen und nun an der Skala der letzteren, je nachdem die Senkwaage in Wasser mehr oder weniger tief einsinkt, den Stärkemehlgehalt abzulesen. Daß diese Methode nur dann brauchbar ist, wenn man eine Reihe von wenigstens von 50—100 Bestimmungen ausführt, liegt auf der Hand. An demselben Fehler leidet auch die Krocker'sche Methode; nach derselben werden Kartoffeln in eine Kochsalzlösung gebracht, deren spezifisches Gewicht man dem mittleren spezifischen Gewicht der Kartoffelprobe durch Zusatz von Wasser oder konzentrirter Kochsalzlösung gleich macht.

Sehr brauchbar sind dagegen die in neuerer Zeit immer mehr in Gebrauch kommenden Waagen mit Vorrichtungen zum Wägen der Kartoffeln unter Wasser (zum Theil als Federwaage konstruirt), mittelst derselben kann mit Leichtigkeit eine Probe von 5—10 Kilo gleichzeitig untersucht werden.

Eine andere Frage ist es nun aber, ob die Bestimmung des spezifischen Gewichtes überhaupt nicht nur annäherungsweise, sondern wissenschaftlich genau einen Schluß auf den Stärkemehlgehalt zuläßt?

Der Verfasser hatte über diesen Gegenstand bereits früher einige Kontrole-Versuche ausgeführt, welche ihm die Ueberzeugung verschafft hatten, daß analytisch bestimmter und nach der Balling'schen Tabelle aus dem spezifischen Gewicht berechneter Stärkemehlgehalt unter Umständen erhebliche Abweichungen zeigte, so erheblich, daß die Kontrolirung der Balling'schen Tabelle eine zeitgemäße Forderung erschien. Diese Kontrolirung ist im Laboratorium der Versuchs-Station Halle ausgeführt, in einer der vorhergehenden Untersuchungen dieses Heftes hat Dr. Holdefleiß über die erhaltenen Resultate referirt; der Verfasser braucht an dieser Stelle nur auf diese Untersuchung zu verweisen, welche beweist, daß namentlich bei sehr hohen und sehr niedrigen Stärkemehlgehalten die Zahlen wesentlich anders werden, als nach der bisher geltenden Balling'schen Tabelle.

Bei der Unsicherheit der Probenahme aus den zum Versuch bestimmten Kartoffeln wurde es vorgezogen, die Probe zur Bestimmung der eingemaischten Stärke nach Beendigung des Verzuckerungsprozesses zu entnehmen. Man brauchte in diesem Falle nur das Volumen der süßen Maische zu bestimmen, um aus der zur Untersuchung entnommenen Probe einen Rückschluß auf die eingemaischte, aus Kartoffeln und Malz stammende Stärkemenge zu machen. Die Bestimmung des Volumens der süßen Maische bietet nicht die geringsten Schwierigkeiten. Wo ein Vormaischbottich vorhanden ist, kann man denselben entweder bis zum Stande der Maische mit Wasser ausmessen, oder das betreffende Volumen durch trockene Messung ermitteln. Wo ein Vormaischbottich nicht vorhanden ist, wie bei dem

Hollefreund'schen und Bohm'schen Apparat, findet man das Volumen der süßen Maische aus der Differenz. Von dem bekannten Raum des Gährbottichs hat man nämlich abzuziehen:

a) den Steigraum,
b) das Volumen der zugesetzten Hefe,
c) das Spülwasser des Maischapparates und Kühlers, welches man durch direkte Messung feststellt.

Das Volumen des Steigraums berechnet man je nach der Form der Bottiche als Cylinder ($r^2 \pi h$) als elliptischen Cylinder $\left(\pi h \left(\frac{r+R}{2}\right)^2\right)$ oder endlich als abgestumpften Kegel ($\frac{1}{3} \pi h (R^2 + R \varrho + \varrho^2)$ und als elliptischen abgestumpften Kegel

$$\left(\frac{1}{3}\pi h \left\{\left(\frac{R_1 + R_2}{2}\right)^2 + \frac{(R_1 + R_2)(\varrho_1 + \varrho_2)}{2} + \left(\frac{\varrho_1 + \varrho_2}{2}\right)^2\right\}\right).$$

Bei der Messung der Maische im Vormaischbottich ist nicht außer Acht zu lassen, daß 1000 Liter von Maischtemperatur = 52° R. nur 982·05 Liter bei 14° R. sind.

Die Probe der süßen Maische wurde immer vor dem Hefezusatz entnommen, weil sich dieselbe ohne Hefezusatz sehr gut konserviren läßt, mit Hefezusatz natürlich schnell in Gährung übergeht.

Um eine zuverlässige Durchschnittsprobe der süßen Maische zu gewinnen, bedarf es gewisser Vorsichtsmaßregeln. In sehr vielen Brennereien finden sich nämlich flache, eiserne Kühlschiffe von runder Form vor, in denen ein Rührwerk die Maische in steter Bewegung erhält; durch diese Bewegung werden nun aber die in der Maische befindlichen, ungelösten Stücke von Kartoffeln centrifugal dem Rande zugeführt und man erhält eine ganz falsche Probe, wenn man die Probenahme nur vom Rande aus bewerkstelligt. Das Resultat mehrerer Versuche mußte einfach gestrichen werden, weil der Verfasser diese Vorsichtsmaßregel nicht beobachtet hatte. Später ist in solchen Fällen regelmäßig eine systematische Probenahme Schritt für Schritt quer über das Kühlschiff weg durchgeführt. Am Bequemsten für die Probenahme sind die Röhrenkühler, aus denen man in bestimmten Zwischenräumen Proben entnehmen und zu einer größeren Durchschnittsprobe mischen kann.

In der süßen Maische hat man das Stärkemehl der Kartoffeln und des zum Verzuckern zugesetzten Malzes und zwar:

a) den verzuckerten Antheil,
b) den ungelöst verbliebenen Rest.

Der verzuckerte und gelöste Antheil des Stärkemehls besteht, wie später in der Arbeit des Weiteren dargelegt wird, aus Maltose und Dextrin und zwar in einem ganz bestimmten Verhältniß (Z : D = 1 : 1). Dieses Verhältniß ist von Wichtigkeit für den Verlauf der Gährung, und es hat deshalb die Ermittelung desselben bei allen eingehenderen Kontrolirungen des Betriebes zu erfolgen.

Da Maltose in einem bestimmten Verhältniß alkalische Kupferlösung redu-

zirt, so kann die Bestimmung derselben direkt in den verzuckerten Maischen geschehen. Die Bestimmung des reduzirten Kupferoxyds geschah in den bei Weitem meisten Fällen durch Wägung; die Titration in der Eiweißstoffe enthaltenden Lösung geht überhaupt sehr mangelhaft, man ist bei der von Fehling angegebenen Concentration der Lösung oft um ½ Cc. über das Ende der Reaktion zweifelhaft. Die Gewichtsbestimmung ist eine sehr zuverlässige Methode, wenn dieselbe mit der äußersten Vorsicht und Sorgfalt gehandhabt wird; es sind aber dabei Vorsichtsmaßregeln zu beobachten, deren Außerachtlassung die Genauigkeit der Methode erheblich beeinträchtigt. Da diese Vorsichtsmaßregeln in ihrem vollen Umfange erst im Laufe der Untersuchung erkannt werden, so kann es nicht Wunder nehmen, daß die zu Anfang der Arbeit ausgeführten Bestimmungen häufig schlechter übereinstimmen, als die späteren. Einer eingehenden Beschreibung des Ganges der Untersuchung ist der Verfasser an dieser Stelle überhoben, weil Dr. Holdefleiß dieselbe in ihren Spezialitäten in seiner Untersuchung über den Stärkemehlgehalt in Kartoffeln dargelegt hat.

Ein Fehler kann bei der direkten Bestimmung der Maltose durch einen Gehalt der Flüssigkeiten an reduzirenden Stoffen anderer Art hervorgebracht werden; als solche sind z. B. bekannt die Pectinstoffe. Es wäre daher eigentlich nothwendig gewesen, dieselben vor der Maltosebestimmung zu entfernen, etwa durch einen Zusatz von Bleiessig. Diese Operation konnte jedoch in der Mehrzahl der Fälle nicht ausgeführt werden, weil dabei so schlecht filtrirende Flüssigkeiten resultirten, daß die Durchführung der Bestimmungen vollkommen unmöglich wurde. Im Verlauf der Arbeit lernte man Methoden der Klärung durch Eiweißlösung, Zusatz von Tannin oder endlich am Einfachsten von Schwefelsäure kennen, durch welche die Flüssigkeiten filtrirbar zu machen sind. Immerhin bleiben diese Operationen aber zeitraubend und man muß bei so leicht zersetzbaren Flüssigkeiten, wie es die Maischen sind, häufig auf die Schnelligkeit des Arbeiters sehen. Trotzdem würde der Verfasser in Zukunft, wie er es bei dem letzten Theil der Versuche bereits gethan hat, den Bleiessig-Zusatz durchzuführen versuchen.

Nebenbei bemerkt, fallen ohne einen Bleiessig-Zusatz die Bestimmungen mit Fehling'scher Lösung auch schon deshalb etwas zu hoch aus, weil sich Kalkphosphat aus der alkalischen Flüssigkeit niederschlägt.

Die Dextrinbestimmung in dem Filtrat der Maische wird in ganz derselben Weise ausgeführt, nachdem die Maische vorher durch Erhitzen mit Schwefelsäure invertirt wurde. Zu diesem Zwecke sind die von Lintner in Weihenstephan angegebenen „Druckflaschen" mit Schrauben- und Federverschluß vorzüglich geeignet. Die Invertirung vollzieht sehr leicht in ungefähr 4—5 Stunden, wenn man mit einer 1proc. Schwefelsäure arbeitet. Ungefähr 5 Grm. verzuckerter Maische werden hierbei am Besten mit 50 Cc. 1proc. Schwefelsäure 6 Stunden behandelt; die Temperatur beim Invertiren hält man auf 115° C. Nach dem Invertiren neutralisirt man mit kohlensaurem Blei oder kohlensaurem Baryum, fügt 1—2 Cc. Bleiessig hinzu und verfährt wie oben beschrieben. Die Verdünnung regulirt man am zweckmäßigsten so, daß zur Reduktionsbestimmung 1 Decigramm Dextrose

= 2·2 Decgr. Kupferoxyd genommen wird. 5 Grm. einer 20proc. Maische werden hierbei zu 250 Cc. aufgefüllt, davon 25 mit 50 Cc. Fehling'scher Lösung behandelt.

Untersuchung des unlöslichen Rückstandes. 1000 Grm. Maische werden abgewogen und in eine etwa 10 Liter fassende Glasflasche gebracht, in einem kalten Raume mit Wasser übergossen und tüchtig durchgeschüttelt. Nach dem Absetzen der suspendirten Theile hebert man die klare Flüssigkeit ab und wiederholt diese Operation 10—12 Mal; alsdann ist fast aller Zucker ausgewaschen; den letzten Rest entfernt man, indem man auf dem Filter nachwäscht. Zur Entfettung wird schließlich mit Aether und Alkohol auf dem Filter extrahirt und der unlösliche Rückstand, was sehr gut gelingt ehe der Aether ganz verdunstet ist, quantitativ vom Filter gebracht und im lufttrockenen Zustande gewogen.

Bei Gelegenheit der Untersuchungen über den unlöslichen Rückstand in den Maischen lernte der Verfasser das Ver dünnen derselben mit Wasser in einem größeren Glasgefäß als eine für die Praxis vortrefflich geeignete Probe zur Prüfung der Maischen auf die erfolgte oder nicht erfolgte Aufschließung der Kartoffeln und des Malzes kennen. Wenn man nämlich Maische mit dem etwa 6—8 Vol. an reinem Wasser übergießt und ordentlich durchschüttelt, so setzen sich am Boden des Gefäßes alle gröberen Körper, als unaufgeschlossene Kartoffelstücke, ungelöste Malzkörner zuerst ab und man kann mit Leichtigkeit erkennen, ob die Arbeit der Malzquetsche eine befriedigende, die Aufschließung der Kartoffeln eine vollständige war. Da man in der dickflüssigen Maische, wegen ihrer Undurchsichtigkeit, eine ähnliche Beobachtung nicht ausführen kann, so leistet dieses so leicht auszuführende Verfahren sehr wesentliche Dienste.

Die Bestimmung der unaufgeschlossenen Stärke in dem unlöslichen Rückstande ist endlich so ausgeführt, daß man 3 Grm. des Rückstandes mit 50 Cc. 1proc. Schwefelsäure einschloß und nach der durch Reduktion der Fehling'schen Lösung bestimmten Zuckermenge auf den Stärkemehlgehalt schloß. Dieses Verfahren ist nicht ganz vorwurfsfrei, weil in dem unlöslichen Rückstand Pectinstoffe und zarte Cellulose enthalten sind, welche durch Erhitzen mit Schwefelsäure Dextrose oder andere reduzirende Substanzen bilden können. Es ist daher nicht unmöglich, daß die Stärkemehlbestimmungen in den unlöslichen Rückständen etwas zu hoch ausfallen. Hätte man durch Digeriren der Rückstände mit Malz-Infus die Stärke derselben zuerst lösen, die Lösung mit Bleiessig versetzen und dann erst invertiren können, so würde dieses Verfahren, wie es von Dr. Holdefleiß bei den Kartoffeln angewendet ist, korrekter gewesen sein. Es gelang indessen nicht, auf diese Weise den spröden und schwer pulverbaren Rückstand stärkemehlfrei zu erhalten, und so mußte das Verfahren der direkten Invertirung mit Schwefelsäure beibehalten werden.

Nach Ausführung der vorstehenden Bestimmungen wußte man nun, wie viel gelöste und ungelöste Stärke gegen Ende des Verzuckerungsprozesses vorhanden war. Zur Gährung wurde nun die Hefe zugesetzt.

Es war nicht möglich, die Hefe bei jedem Versuch gesondert zu unter-

suchen; die in derselben der Gährung zugebrachten Mengen von bereits entstandenem Alkohol und noch unvergohrenem Zucker und Dextrin wurden daher bei zwei Versuchen bestimmt. Dieselben befinden sich am Schluß des den Untersuchungsmethoden gewidmeten Abschnitts.

Untersuchung der vergohrenen Maische.

A. Bestimmung des Alkoholgehalts.

Wo es irgend durchführbar war, hat man die Ausbeute der Brennerei den Rechnungen über den entstandenen Alkohol zu Grunde gelegt; bei einer nicht unerheblichen Anzahl von Versuchen ist dieses jedoch nicht möglich gewesen; z. B. war fast überall da, wo kontinuirliche Apparate vorhanden waren, die Ausbeute eines einzelnen von mehreren an einem Tage bemaischten Bottichen nicht getrennt zu erhalten. Es mußte daher in solchen Fällen der Alkoholgehalt auf dem Wege der Analyse festgestellt werden.

Nachdem fast sämmtliche Methoden, Attenuation, Vaporimeter, Ebullioskop, probirt waren, ist man schließlich bei der direkten Destillation stehen geblieben. 1 Liter Filtrat der Maische wurde in einer geräumigen Kochflasche zum Sieden erhitzt; die entweichenden Dämpfe wurden in dem mit einer Wasserkühlung versehenen, aufsteigenden Destillationsrohr einer partiellen Abkühlung unterworfen und schließlich in einem Liebig'schen Kühler verdichtet. Durch das Prinzip der partiellen Abkühlung erhält man ein verhältnißmäßig sehr alkoholreiches Destillat, und es gelingt bei dem Maischen immer, mit 250 Cc. Destillat den Alkoholgehalt vollständig zu gewinnen. In dem Destillat bestimmt der Verfasser jetzt den Alkoholgehalt vermittelst eines eigens zu diesem Zwecke gefertigten, auch die niedrigen Grade umfassenden Alkoholometers; früher durch das spezifische Gewicht.

Wie vollkommen die Rektifikation auf die oben beschriebene Weise gelingt, kann aus nachstehenden Kontrolversuchen ersehen werden.

I. 166·67 Grm. Alkohol von 0·8298 spez. Gewicht = 87·5 Gewichts-Prozent Alkohol = 145·8 Grm. absol. Alkohol wurden mit ungefähr 2 Liter Wasser verdünnt und destillirt.

Erstes Destillat. 253·48 Grm. von 9·9066 spez. Gew. = 55 Gewichts-Prozent = 139·3 Grm. absol. Alkohol.

Zweites Destillat. 120·25 Grm. von 0·9935 spez. Gew. = 4·0 Gew.-Prozent = 4·8 Grm. absol. Alkohol.

Drittes Destillat. Spez. Gew. = 1·000 kein Alkohol mehr.

II. 166·78 Grm. Alkohol von 0·8303 spez. Gew. = 86·2 Gew.-Prozen Alkohol = 143·76 Grm. absol. Alkohol wurden mit 2½ Liter Wasser verdünn und destillirt.

Erstes Destillat. 264·90 Grm. von 0·9112 spez. Gew. = 52·7 Gew.-Proz. Alkohol = 139·60 Grm. absol. Alkohol.

Zweites Destillat. 82·71 Grm. von 0·9930 spez. Gew. = 4·0 Gew.-Prozent.

	I.	II.	
Alkohol vor dem Versuch .	145·8	142·76	Grm.
„ nach „ „ .	144·1	142·91	„
Verlust . . .	1·7	0·85	Grm.
Wiedergewonnen	98·83 pCt.	99·41	pCt.

Die so bequem auszuführende Attenuationsbestimmung ist zwar zur ungefähren Bestimmung des Alkohols geeignet, giebt aber zuweilen gegen die Destillationsmethode nicht ganz unerhebliche Differenzen. Es wurden z. B. folgende Bestimmungen ausgeführt.

Maische von Zabitz . . .	I.	8·93	9·17	+ 0·24
	II.	8·42	8·75	+ 0·33
	III.	8·75	8·25	− 0·50
Maische von Salzmünde .	I.	8·33	8·50	+ 0·17
	III.	8·44	8·50	+ 0·06
Maische von Trotha . .	I.	10·21	10·50	+ 0·29
	II.	10·56	10·75	+ 0·19

Die Uebereinstimmung von Attenuations- und Destillationsbestimmung ist immerhin keine ganz schlechte, die Fehlergrenze der ersteren aber doch so groß, daß sie als analytische Methode zur Bestimmung des Alkohols für Versuchszwecke nicht die nöthige Genauigkeit besitzt. Der Grund hierfür liegt einerseits in der Ermittelung des richtigen spezifischen Gewichts in der Alkohol enthaltenden Maische; dieselbe enthält gleichzeitig Kohlensäure, welche durch Schütteln entfernt werden soll. Schüttelt man nun zu lange, so kann Alkohol entweichen, schüttelt man zu kurz, so kann Kohlensäure zurückbleiben und das spezifische Gewicht beeinflussen. Andererseits liegt ein Fehler in der bei der Attenuationsbestimmung nothwendigen Kochung. Die Maischen enthalten neben Alkohol flüchtige Säuren, Fuselöle ꝛc., die beim Kochen in offenen Gefäßen entweichen und das Resultat trüben können. Kurz, der Verfasser zieht die absolut zuverlässige Destillationsbestimmung vor.

Methode der Säurebestimmung. Alle Säurebestimmungen der vorliegenden Arbeit sind mit dem Lüdersdorff'schen Oxymeter ausgeführt. Wenngleich dieses auf einer rationellen Basis nicht mehr beruhende, mit unseren Grammgewichten (es ist noch nach Granen des alten Medizinalgewichts eingetheilt) nicht mehr übereinstimmende Instrument seine großen Mängel hat, so ist es doch kompendiös und leicht transportabel. Es ist beibehalten, weil die nach Graden des Lüdersdorff'schen Instrumentes angegebenen Säuremengen allen Praktikern geläufig sind.

Wollte man eine rationelle Basis und einen vergleichbaren Ausdruck für die Säurebestimmung gewinnen, so müßte man als Einheit die maximale Säuremenge, die sich in einer Maische überhaupt bilden kann, setzen. Diese Menge ist nämlich eine begrenzte; sobald eine gewisse Menge von Milchsäure in einer Maische gebildet ist, hört die Milchsäuregährung auf; dem Verfasser gelang es z. B. bei vorläufigen Versuchen nicht, eine größere als $6\frac{1}{2}$—7° Lüdersdorff entsprechende

Menge von freier Milchsäure zu erzeugen. Mit bestimmten Vorschlägen mag jedoch der Verfasser vor einer eingehenden Prüfung des Gegenstandes nicht hervortreten.

Die Bestimmung von Maltose und Dextrin in der vergohrenen Maische wird ausgeführt wie dieselbe Bestimmung in der unvergohrenen Maische, nur mit dem Unterschiede, daß zur Ausfällung reduzirender Nebenprodukte hierbei der Zusatz von Bleiessig unerläßlich ist. Dieser Zusatz muß bei der Dextrinbestimmung vor dem Invertiren geschehen, weil durch das Erhitzen mit Schwefelsäure aus den Pectinstoffen Zucker entstehen kann. Bei den vorliegenden Versuchen ist dieser richtig angewendete Bleiessigzusatz erst vom Jahre 1874 zu datiren. Meistens resultiren auch hierbei so schlecht filtrirende Flüssigkeiten, daß künstlich geklärt werden muß.

Um die Art der Versuchsanstellung und die in den Tabellen enthaltene Rechnungsweise verständlicher zu machen, soll ein Versuch in seinen Einzelnheiten verfolgt werden.

Versuch mit dem Bohm'schen Apparat zu Belgershain am 30. Januar 1874.

Auf einen Maischraum von 3770 Litern wurden 2550 Kilo Kartoffeln von 1·123 spez. Gew. = 23·7 pCt Stärkemehl eingemaischt. Zum Verzuckern dienten 65 Kilo Grünmalz aus Gerste und 35 Kilo Hafergrünmalz.

Berechnung des Volums der süßen Maische vor Hefezusatz.

Gährraum		3770 Liter
Steigraumh = 10 Cm., R = 107·5 Cm., r = 75 Cm.	261	811 Liter
Volumen der Hefe	400	
Spülwasser	150	
Wirkliches Volumen		2959 Liter

Ein Liter dieser Maische enthielt:

31·48 Grm. unlöslichen Rückstand = 21·0 Cc. In 2959 Liter süßer Maische waren somit 62·14 Liter unlöslicher Rückstand enthalten. Ein Liter süßer Maische enthielt 979·0 Cc. Flüssigkeit von 20·6 pCt. Saccharometer = 1·085 spez. Gew. = 1062·2 Grm. Analytisch wurden gefunden 19·56 pCt. Zuckerwerth = 207·8 Grm. Zuckerwerth = 187·0 Grm. Stärkewerth, in Summa gelöst in der süßen Maische 553·3 Kilo Stärkewerth; dazu kommen 6·92 Grm. Stärke unaufgeschlossen im Liter = 20·48 Kilo Stärkewerth. Summa in der süßen Maische 573·78 Kilo Stärkewerth.

Außerdem sind als Maischgut die in 65 Kilo Gerstengrünmalz und 5 Kilo Roggenschrot zur Hefe enthaltenen Mengen von vergährungsfähigem Material = 18·98 Kilo Stärkewerth. Es waren also in Summa eingemaischt 592·76 Kilo Stärkewerth.

Es resultirten davon 3509 Liter vergohrene Maische; darin waren 62·14

Liter unlöslicher Rückstand aus der süßen Maische, 3 Liter aus der Hefe = 65·14 Liter, also 3443·9 Liter Flüssigkeit von 1·4 Saccharometer = 1·0056 spez. Gew. = 3463·2 Kilo. Im Filtrat der vergohrenen Maische waren 0·844 pCt. Zuckerwerth = 0·76 pCt. Stärkewerth enthalten = 26·32 Kilo Stärkewerth unvergohren.

Hiernach stellt sich nun die Bilanz

Stärke eingemaischt	592·76 Kilo.
ab ungelöst	20·48 „
Zur Gährung disponibel. . .	572·28 Kilo.
Unvergohren	26·32 „
Durch die Gährung zerstört .	545·96 Kilo.

Da 1 Kilo Stärkewerth 71·7 Liter-Proz. geben kann, so ist die theoretische Ausbeute aus 545·96 Kilo = 39144 Liter-Proz.

1 Liter Maischfiltrat gab bei der Destillation 99·384 Cc. Alkohol, also 3443·9 Liter Flüssigkeit = 34228 Liter-Proz.

Hiernach berechnet sich:

Reinlichkeits-Koeffizient . .	87·4 pCt.
1 Kilo Stärke	57·8 Liter-pCt.
Theoretische Ausbeute . .	82·8 pCt.

Mit welcher Alkoholausbeute ist die Gerste als Malz oder Hefe in Rechnung zu ziehen?

Bei zahlreichen Versuchen konnten vollständige Analysen aller einzelnen Materialien, wegen der Entfernung vom Untersuchungslaboratorium und der eichten Zersetzbarkeit derselben (Malz u. Hefe) nicht zur Ausführung kommen; man war daher angewiesen mit Mittelzahlen zu rechnen, deren Feststellung für die einzelnen Materialien erfolgen mußte.

Wie groß sind die Verluste an gährungsfähigem Material bei der Bereitung von Malz aus Gerste?

Für Luft- und Darrmalz liegen Versuche von Lermer, Stein, John vor, nach denen der Verlust an Trockensubstanz im Ganzen zu 8 pCt. im Mittel anzunehmen ist. An diesem Verlust sind jedoch nicht allein die gährungsfähigen Stoffe — Zucker, Dextrin, Stärkemehl — betheiligt, sondern auch andere Bestandtheile des Gerstenkorns, wie Proteinstoffe, Extractivstoffe und Fett. Andererseits sind aber diese Versuche nicht in Brennereien, sondern in Brauereien ausgeführt und berücksichtigen die hauptsächlichste Malzart der Brennereien — das Grünmalz — gar nicht; für dieses war daher die experimentelle Feststellung des bei der Gährung eintretenden Verlustes erforderlich.

Die Versuche wurden in der Brennerei zu Trotha ausgeführt. Am 9. Mai wurden 675 Kilo Gerste, nach vorherigem Einquellen, in den Malzkeller gebracht;

die Gerste enthielt nach der ausgeführten Analyse in der lufttrockenen Substanz 62·95 pCt. Stärkemehl [1]).

Am 12. Mai hatte der Blattkeim $\frac{2}{3}$ der Länge des Gerstenkorns erreicht und das Malz kam als Grünmalz in der Brennerei zur Verwendung; sein Gewicht betrug nun 981 Kilo, d. h. aus 100 Pfd. Gerste waren 145·3 Pfd. Grünmalz entstanden (in der Praxis rechnet man durchschnittlich 150 Pfd.). Das Grünmalz enthielt 41·60 pCt. Stärkemehl [2]). Hiernach ergiebt sich folgende Rechnung

675 Kilo Gerste à 62·95 pCt. Stärkemehl = 424·9 Kilo
981 „ Grünmalz à 41·60 „ „ = 408·1 „

Stärkemehl-Verlust 16·8 Kilo
= **4·0** pCt.

Stein's Versuche ergeben für das Luftmalz ein etwas höheres Resultat; es würde sich dabei ein Verlust von 5·9 pCt. berechnen lassen. Im Mittel kann man daher einen Verlust von **5** pCt. annehmen, den die Gerste an vergährungsfähigem Material bei der Malzbereitung erlitte.

Mit 85 Kilo des obigen Grünmalzes wurden nun 2 Hefegefäße von je 337 Liter Maischraum in der zu Trotha üblichen Weise angestellt; es resultirten davon 246 Liter Hefe mit 35·36 Kilo eingemaischter Stärke des Malzes (Mutterhefe wurde zur Gährung ebensoviel zugefügt als fortgenommen).

Das Grünmalz enthielt nach der ausgeführten Stärkemehlbestimmung 41·60 pCt. Stärkemehl. Diese Zahl stimmt sehr annähernd mit zwei früher vom Verfasser ausgeführten Untersuchungen des Grünmalzes überein. (Journal für Landwirthschaft 1872 S. 75.) Dieselben enthielten

40·5 und 39·5 pCt. Stärkemehl.

Als abgerundete Zahl für den Stärkemehlgehalt des Grünmalzes (darin einbegriffen alle gährungsfähigen Stoffe auf ihren Stärkewerth reducirt) kann man daher 40 pCt. in Rechnung ziehen.

Die Hefe der beiden Versuche wurde nun unmittelbar vor dem Gebrauche analysirt und enthielt:

Hefe I [3]) (35·36 Kilo Stärkemehl eingemaischt) vergohren auf 6·6 Sacchar.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl	1·92 Kilo
Alkohol	672·3 Liter pCt.
Unvergohrner Zucker ꝛc. . .	14·52 Kilo
auf Stärke reducirt . . .	13·07 „

1) 2·9545 Grm. Gerste in der Druckflasche erhitzt à 500 Cc. verdünnt; davon 25 Cc. reduzirten 0·2295 Grm. Kupferoxyd = 63·41 pCt. Stärkemehl.

3·263 Grm. desgleichen à 500 Cc., davon 25 Cc. reduzirten 0·2470 Grm. Kupferoxyd = 62·49 pCt. Stärkemehl.

2) 827·5 Grm. frisches Grünmalz gaben 527·35 Grm. lufttr. Darin Stärkemehl; 3·221 Grm. lufttr. Malz in der Druckflasche erhitzt auf 500 Cc. aufgefüllt; davon reduzirten 25 Cc. 0·2565 Grm. Kupferoxyd; 2·929 Grm. auf 500 Cc.; davon 25 = 0·2359 Kupferoxyd; Mittel 65·28 pCt. Stärkemehl in d. lufttr. = 41·60 pCt. in d. frischen Grünmalz.

3) 1000 Gr. Hefe = 24·50 Grm. Rückstand = 25·35 p. Liter; 3·224 Grm. u. 3 046 Grm. dieses Rückstandes in Druckflaschen à 250 Cc., davon reduzirten 25 Cc. 0·2398 u. 0·2341 Grm.

Hefe II[1]) (35·36 Kilo Stärkemehl eingemaischt) vergohren auf 6·2 Saccharom.; $4\frac{3}{4}$ Oxym.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl	1·71 Kilo
Alkohol	844·0 Liter pCt.
Unvergohrner Zucker ꝛc. . .	12·51 Kilo
auf Stärke reducirt . . .	11·26 „

Nach diesen Zahlen läßt sich folgende Berechnung ausführen:

1) Es blieben unaufgeschlossen von der eingemaischten Stärke:

Hefe I 5·43
„ II 4·85 } **5·14** pCt.

2) Aus 1 Kilo vergohrner Stärke entstanden:

Hefe I 33·0 Liter pCt. Alkohol
„ II 37·7 „ „ „

Da sich theoretisch aus 1 Kilo Stärkemehl 71·7 Lit. pCt. Alkohol bilden können, ist kaum die Hälfte des in der Gährung verschwundenen Materials in der Richtung zu Alkohol zersetzt, die größere Hälfte diente als stoffbildendes Material oder als Respirationsmittel für die Hefe.

3) Von 1 Kilo zu Hefe eingemaischter Stärke ist daher folgender Ertrag zu erwarten:

Hefe I. Aus 35 36 Kilo eingemaischter Stärke entstanden:

a) 672·3 Lit. pCt. Alkohol;

b) es blieben über: unvergohren 13·067 Kilo Stärkewerth, welche in eine Linie mit den zum Betriebe der Brennerei in den großen Bottichen eingemaischten vergährungsfähigen Materialien zu stellen sind und (zu 71·7 Lit. pCt. Kilo) 936·9 Lit. pCt. Alkohol geben können. In Summa 936·9 + 672·3 = 1609·2 Lit. pCt. aus 35·36 Kilo Stärkemehl

1 Kilo Stärkemehl als Hefe = 45·5 Lit. pCt. Alkohol.

Hefe II. 35·36 Kilo Stärkemehl eingemaischt 844·0 Lit. pCt. entstanden; aus 11·26 Kilo unvergohrnen Stärkewerth 807·3 Lit. pCt. zu erwarten. Zusammen 1651 Lit. pCt. aus 35·36 Kilo:

Kupferoxyd = 30·36 u. 31·34, im Mittel 30·85 pCt. Stärkemehl, also p. Liter 7·820 Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen.

50 Cc. Filtrat der Hefe in Druckflaschen à 500, davon reduzirten je 25 Cc. 0·3240 und 0·3390 Kupferoxyd = 5·706 u. 5·990 pCt. Zuckerwerth, im Mittel 5·848 pCt.

1 Liter Filtrat destillirt = 231·8 Grm. Destillat von 0·9837 spec. Gew. = 235·63 Cc. à 11·8 Vol.-pCt. = 27·80 Cc. Alkohol; 1 Liter Hefe enthält aber nur 983·1 Cc. Flüssigkeit, also 27·33 Cc. Alkohol.

1) 1000 Grm. = 22·10 Grm. unlösl. Rückstand = 22·65 Grm. p. Liter. 3·134 und 3·310 Grm. in Druckflaschen à 250 Cc., davon 25 Cc. = 0·2389 und 0·2469 Grm. Kupferoxyd = 31·31 und 30·45 pCt. Stärkemehl, Mittel 30·88 pCt. = 6·994 Grm. Stärkemehl p. Liter unaufgeschlossen.

50 Cc. Filtrat in Druckflaschen à 500 Cc. = 5·038 pCt. Zuckerwerth.

1000 Cc. Filtrat = 196·87 Grm. Destillat von 0·9792 spec. Gew. = 201·05 Cc. = 17·33 Vol.-pCt. Alkohol = 34·84 Cc. Alkohol. 1 Liter Hefe enthält 984·9 Cc. Flüssigkeit, also 34·84 Cc. Alkohol = 3·431 Vol.-pCt.

1 Kilo Stärkemehl als Hefe = 46·7 Lit. pCt. Alkohol.

Oder abgerundet 1 Kilo Stärkemehl als Grünmalz giebt 46 Lit. pCt. Alkohol.

1 Kilo Stärkemehl als Gerste zu Hefe (5 pCt. dieser Menge weniger) 43·7 Lit. pCt. Alkohol.

1 Kilo Stärkemehl als Hefe ist also nur mit dem 0·65-fachen seines Werthes für die Alkoholproduction in Rechnung zu ziehen.

II. Beschreibung der Versuche und unmittelbare Ergebnisse derselben.

Die Beschreibung der Versuche und die unmittelbaren Ergebnisse derselben sind im Nachfolgenden möglichst kurz zusammengestellt, der Verfasser hat sich jedoch bemüht, die betreffenden Angaben so zu fassen, daß die Momente, welche von wesentlichem Einfluß auf den Gang des Betriebes, der Gährung ꝛc. sein könnten, stets berücksichtigt und hervorgehoben sind; es bietet das nachstehende, in diesem reichhaltigen Umfange bisher vielleicht kaum in gleicher Art zusammengestellte Material, möglicherweise manchem Brennereibesitzer einen willkommenen Anhalt, um nach demselben seinen Betrieb kontroliren zu können und vielleicht den einen oder andern Uebelstand der eigenen Brennerei erkennen zu lernen; zur bessern Uebersicht und zum Verständniß sind Grundrisse, Dimensionen und die Anordnung der Geräthschaften in mehreren Brennereien mit aufgeführt.

I. Versuche nach dem alten Verfahren.

Brennerei zu Nedlitz bei Magdeburg (Kreis Jerichow I.)
(Amtsrath Bodenstein.)

Die Anordnung der Apparate in der Brennerei zu Nedlitz ist aus der Skizze auf Tafel II. zu ersehen.

Ueber den Betrieb der Nedlitzer Brennerei mögen nachstehende Angaben zur Orientirung dienen.

2500—2600 Kilo Kartoffeln wurden aus der Waschtrommel in das Dampffaß (Cementmauerwerk) gebracht. Beginn des Dämpfens 5½ Uhr Morgens, Dauer bis 6¼ Uhr Morgens, Dauer des Quetschens bis 7¼ Uhr Morgens. Die Quetschwalzen waren glatte Walzen, und es wurde das Quetschen der Kartoffeln in der mit großer Umsicht geleiteten Brennerei zu Nedlitz sorgfältigst überwacht, so daß mit Bestimmtheit angenommen werden kann, daß in Nedlitz die durch glatte Walzen überhaupt erreichbare größte Feinheit der Maische erreicht ist. Es mag vorgreifend hier bemerkt werden, daß der angewandten Sorgfalt entsprechend in Nedlitz eine so vollkommene Aufschließung der Stärke erreicht wurde, wie dieselbe in keiner Brennerei des alten Verfahrens wieder beobachtet werden konnte.

Während des Quetschens der Kartoffeln wurde im Vormaischbottich successive Malz zugesetzt; dasselbe war mit dem Condensationswasser der Kartoffeln aus dem Dampffaß angerührt. Das Volumen dieses Condensationswassers betrug

180—200 Liter. Beabsichtigt wurde hierdurch, jeden Stärkeverlust möglichst zu vermeiden; es hatte ein solches Verfahren auch eine gewisse Berechtigung, denn es können vielleicht durch Nichtbenutzung des Condensationswassers Verluste an gährungsfähigen Stoffen eintreten, dieselben werden einestheils dadurch bewirkt, daß beim Dämpfen aus geplatzten Kartoffeln Stärke mechanisch mit fortgerissen wird, anderntheils aber auch dadurch, daß in den Kartoffeln nicht unwesentliche Mengen von gährungsfähigem Zucker enthalten sind, welche durch das Condensationswasser z. Th. gelöst werden und damit verloren gehen. Ueber die ungefähren Verluste, welche hierdurch entstehen können, kann der Verfasser aus einer in der Brennerei von Herrn G. Werner zu Weende ausgeführten Untersuchung einen Anhalt geben.

Es liefen bei einem derartigen Versuch ab 190 Liter Condensationswasser; 1 Liter desselben enthielt:

3·794 Gramm Trockensubstanz.

Nun ist allerdings diese Trockensubstanz nicht auf ihren Zuckergehalt untersucht, sondern nur einer Prüfung auf Mineralstoffe und Stickstoff unterworfen, es dürfte indessen kaum fehlerhaft sein, wenn man dieselbe mit der Trockensubstanz der im Wasser löslichen Stoffe derselben Kartoffeln, deren genaue Zusammensetzung damals ermittelt wurde, identificirt; die Trockensubstanz der in Wasser löslichen Stoffe der Kartoffeln enthielt nämlich 35·5 Procent Zucker (entsprechend 1·22 Zucker in den frischen Kartoffeln) also:

1 Liter Condensationswasser 3·794 Grm. und 35·5 Procent = 1·347 Grm. Zucker.

190 Liter Condensationswasser = 255·9 Grm. Zucker.

200 „ „ = 269·4 „ „

Einen ähnlichen Versuch, in etwas anderer Weise, hat Herr Amtsrath Bodenstein zu Nedlitz ausgeführt: Von 1250 Kilo Kartoffeln liefen 189 Liter Condensationswasser ab; dasselbe wurde mit Malzextract, das auf kaltem Wege bereitet war, digerirt (60° C.) und der Gehalt an löslichen Stoffen mittelst des Saccharometers bestimmt; dasselbe zeigte 1 Procent (Balling) an. Da das Saccharometer s. w. u. den Gehalt an Trockensubstanz sehr genau angiebt, aber noch keinen Schluß auf den Zuckergehalt zuläßt, so muß hier wieder die lösliche Trockensubstanz als von der Zusammensetzung der löslichen Stoffe der Kartoffeln in Rechnung gezogen werden, und dieses ergiebt:

189 Liter à 1 Procent Saccharom. = 189·8 Kilo Condensationswasser = 1·898 Kilo Trockensubstanz à 35·5 Procent Zucker = 0·671 Kilo Zucker im Condensationswasser.

Diese Zahl dürfte sogar noch zu hoch gegriffen sein, da in dem zugefügten Malzwasser gewiß nicht unbedeutende Mengen löslicher Stoffe enthalten waren.

Jedenfalls ist aber bei beiden Versuchen der durch das Ablassen des Condensationswassers herbeigeführte Verlust so gering, daß es kaum lohnen dürfte, um ¼—½ Kilo Zucker zu sparen, Unbequemlichkeiten im Betriebe einzuführen.

Der weitere Verlauf des Betriebes zu Nedlitz gestaltet sich folgendermaßen:

Im Vormaischbottich bleibt die Maische bis 52° R. (65° C.) 1½ Stunden zum Verzuckern stehen; alsdann passirt dieselbe den Nägeli'schen Kühler, um in die Gährbottiche zu gelangen. Dauer der Kühlung 2 Stunden. Es war also die mit dem Dämpfen der Kartoffeln gegen 5½ Uhr Morgens begonnene Operation um 11 Uhr hiermit beendet.

Die Temperatur der zum Gähren angestellten Maische soll 13—14° R. sein, stellt sich aber in den wärmeren Monaten auf 16, zuweilen sogar auf 17° R., da das zum Kühlen benutzte Wasser häufig eine zu hohe Temperatur besitzt. Die schädlichen Einflüsse dieser zu hohen Anstelltemperatur haben sich denn auch bei den vorliegenden Versuchen in der Nedlitzer Brennerei herausgestellt und werden weiter unten ausführlicher erörtert werden.

Die Hefe wurde der Maische in den Gährbottichen zugesetzt, und auf die sorgfältige Durchmischung stets genau geachtet.

Die Bereitung der Hefe geschah folgendermaßen:

In den angewärmten Hefebottich wurden 42—43 Kilo Grünmalz und 30 Kilo Darrmalz mit 2 Eimern heißem Wasser bei ca. 50° R. eingerührt, eine Stunde zur Verzuckerung zugedeckt stehen gelassen und der Säuerung überlassen. Mit dem Kühlen wird begonnen, wenn die Maische ca. 4—4½° Lüdersdorff Oxym. zeigt, was meistens nach 24 Stunden der Fall ist. 14 Stunden vor dem Gebrauch wird nun die Mutterhefe zugesetzt und die neue Mutterhefe abgenommen, wenn ungefähr die Hälfte des Zuckers vergohren ist. Vor dem Zusetzen zur süßen Maische wird die Hefe mit einigen Eimern süßer Maische aus dem Kühler aufgefrischt.

Ueber die übrigen Verhältnisse geben die speciellen Versuchsdaten Aufschluß.

Versuch I. Nedlitz, 13. September 1872.

Gewicht der Kartoffeln 2612 Kilo (sogenannte frühe rothe Kartoffeln).
Stärkemehlgehalt 23·69 Procent (nach dem specifischen Gewicht).
Gewicht des Grünmalzes 155 Kilo.

Süße Maische im Vormaischbottich.

Raum = 3616 Liter, Höhe 89·1 Centim., Durchmesser 227·9 Centim., Stand der Maische vom oberen Rande 13·75 Centim., also Volumen derselben 3059 Liter bei 52° R. = 3004·2 bei 14° R.

Saccharometer-Angabe 22¾° Balling.

Säure vor dem Eintreten in
den Nägeli'schen Kühler = ½° Lüdersdorff = 1·0404 Grm. Milchsäure im Ltr.
Säure nach dem Eintreten in
den Nägeli'schen Kühler = ½° „ = 1·0404 „ „ „ „

Zucker im Filtrat der süßen Maische = 9·87 pCt.
Zuckerwerth (aus Zucker und Dextrin) = 22·28 „
Dextrin = 11·17 „

Unaufgeschlossene Stärke im Liter süßer Maische 9·853 Grm.
Zur Hefe waren verwendet 42·5 Kilo Grünmalz.
29·5 Kilo Trockenmalz.

Die Maische kam in Bottich III zur Gährung.

Maischraum = 3642·3 Liter, Steigraum 13·1 Centim. = 301·3 Liter, Volumen der Maische 3341 Liter.

Saccharometer $18\frac{3}{4}$—19° Balling.

Temperaturen während der Gährung.

13/9	12	Uhr Mittags	= 17° R.	14/9	6	Uhr Abends	= 29·5° R.
	6	„ Nachm.	= 20° R.		9	„ Abends	= 29·5° R.
14/9	$4\frac{1}{2}$	„ Morg.	= 29° R.	15/9	$4\frac{1}{2}$	„ Morg.	= 28° R.
	11	„ Mittags	= 30° R.*)		12	„ Mittags	= 26° R.
	3	„ Nachm.	= 29·5° R.**)				

Erwärmung = 13° R.

*) Zeigte am Saccharometer $6\frac{1}{2}$°. **) Gährung sehr schwach geworden.

Der Bottich Nr. III wurde am 15/9 Morgens mit kaltem Wasser bis zum Rande aufgefüllt, daher:

Vergohrene Maische 3642·3 Liter Volumen.
$5\frac{3}{4}$° Balling. Saccharometer.
5·25° Lüdersdorff. Oxymeter[1])
10·924 Grm. Milchsäure im Liter Maische.
39·788 Kilo Säure im Bottich III.

Unaufgeschlossene Stärke in der vergohrenen Maische 8·194 Grm. per Liter.

Zucker unvergohren = 1·681 Procent im Filtrat der Maische.
Zuckerwerth „ = 4·249 „ „ „ „ „
Dextrin „ = 2·311 Procent.

Alkoholausbeute der Brennerei.

284·27 Liter von 84·8 Procent = 24·106 Liter Procent = 190·92 Kilo absol. Alkohol = 6·62 Vol. Procent vom Maischraum.

Versuch II. Neblitz, den 14. September 1872.

Gewicht der Kartoffeln 2619·5 Kilo.
Stärkegehalt derselben 23·25 Procent (nach dem specifischen Gewicht).
Grünmalz 158 Kilo.

---

1) Um zu erfahren, ob wesentliche Mengen von flüchtiger Säure vorhanden waren, wurde eine gewogene Menge der vergohrenen Maische längere Zeit gekocht, das Gewicht des verkochten Wassers ersetzt und mit dem Oxym. geprüft; derselbe zeigte 5° Lüdersd. gegen $5\frac{1}{4}$° vor dem Kochen, daher keine wesentliche Menge von flüchtiger Säure. Geruch nach Essigsäure war auch nur schwach zu bemerken.

Süße Maische im Vormaischbottich.

Stand vom oberen Rande = 15·6 Centim., Volumen der süßen Maische = 2984 Liter bei 51·5° R. = **2930·6** Liter bei 14° R.

Saccharometer = $23\frac{1}{4}$° Balling (spec. Gewicht = 1·093 = 22·18 Balling).

Im Filtrat der süßen Maische = 10·65 Procent Zucker
= 22·33 „ Zuckerwerth.
= 10·51 „ Dextrin.

Unaufgeschlossene Stärke im Liter = 10·475 Grm.

Zur Hefe 42·5 Kilo Grünmalz, 29·5 Kilo Trockenmalz, Säure in der fertigen Hefe $6\frac{1}{2}$° Lüdersdorff.

Die Maische wurde im Bottich V zur Gährung angestellt mit 16° R.

Steigraum = 9·8 Centim. = 283·6 Liter.
Maischraum = 3502 „

Temperatur der gährenden Maische.

14/9	11 Uhr Morg.	= 16° R.	15/9	$4\frac{1}{2}$ Uhr Morg.	= 25° R.
	3 „ Nachm.	= $17\frac{1}{4}$° R.		12 „ Mittags	= 29° R.
	6 „ Nachm.	= $17\frac{1}{2}$° R.		6 „ Abends	= 30° R.
	9 „ Abends	= 19° R.			

Erwärmung = 14° R.

Am 16/9 wurde der Bottich V mit Wasser bis zum Rande aufgefüllt, also Volumen der Maische = 3502 Liter.

Säure in der vergohrenen Maische.

Vor dem Auffüllen mit Wasser nach 48stündiger Gährung.

Sacchar. 4°; Oxym. = $2\frac{1}{2}$° Lüdersdorff × 2·0808 = 5·202 Grm. Milchsäure im Liter = **16·74** Kilo in 3218·4 Liter.

Nach dem Auffüllen und nach dem Zusatz von 3 Pfund gelöschtem Kalk.

Sacchar. $3\frac{1}{4}$°; Oxym. = 4° Lüdersdorff × 2·0808 = 8·3232 Liter
= 29·14 Kilo in 3502 Liter
dazu an $1\frac{1}{2}$ Kilo CaH_2O_2 gebundene = 3·65 „
32·79 Kilo Milchsäure Summa.

Alkoholertrag der Brennerei.

343·6 Liter zu 84·7 pCt. Tralles = 29·103 Liter pCt. = 8·02 Vol. pCt.

Attenuation $\frac{1·0129}{1·0249}$ spec. Gewicht = 8·6 Vol. Procent.

Unaufgeschlossene Stärke in der Maische = 9·080 Grm. im Liter.

Im Filtrat der vergohrenen Maische.

Zuckerwerth = 3·02 Procent.
Zucker = 1·24 „
Dextrin = 1·60 „

Versuch III. 16. September 1872.

Gewicht der Kartoffeln = 2620 Kilo.
Stärkemehlgehalt derselben = 23·32 Procent (nach dem spec. Gewicht).
Grünmalz = 159 Kilo.

Süße Maische im Vormaischbottich.

Stand vom Rande = 15·72 Centim. = 2977·6 Liter bei $51\frac{1}{2}$° R. = **2924·3**° bei 14° R., Saccharom. = $23\frac{1}{4}$° Balling.

Im Filtrat der süßen Maische:

Zuckerwerth = 20·96 Procent.
Zucker = 10·39 „
Dextrin = 9·51 „

1 Liter süße Maische enthielt 11·121 Grm. Stärke.

Zur Hefe = 43·5 Kilo Grünmalz
= 30·0 „ Trockenmalz.

Temperaturen während der Gährung:

16/9 10 Uhr Morg. = 15° R. (Anstelltemperatur) 17/9 6 Uhr Abds. = 29° R.
6 „ Abds. = 17° R. 9 „ Abds. = 29° R.
17/9 5 „ Morg. = 22° R. 18/9 6 „ Morg. = 27° R.
12 „ Mittags = 27° R.

Temperatursteigung = 14° R.

Maische kam im Bottich Nr. II.:

Maischraum = 3590·7 Liter
Steigraum 14·4 Centim. = 381·9 „
Vol. der Maische vor der Gährung = 3208·8 „ 21° Saccharom.

Am dritten Tage wurde die Maische mit Wasser bis zum Rande des Bottichs aufgefüllt. Vol. der vergohrenen Maische, daher **3590·7** Liter.

Säure im Bottich II, 48 St. n. d. Anstellen:

4° Saccharom.; $3\frac{1}{4}$° Lüdersd. Oxym. × 2·0808
6·763 Grm. p. Liter in 3208·8 Liter = **21·70** Kilo Milchsäure.

72 St. n. d. Anstellen:

3 Pfd. Kalk zugesetzt, bis zum Rande mit Wasser aufgefüllt; $3\frac{3}{4}$° Saccharom.; $3\frac{1}{2}$° Lüdersd. Oxym. × 2·0808 = 7·2828 Grm. p. Ltr. = 26·15 Kilo Milchsäure (3590·7 Ltr.)
für $1\frac{1}{2}$ Kilo gelöschten Kalk = 3·65 „ „
29·80 Kilo Milchsäure.

Unaufgeschlossene Stärke im Liter vergohrener Maische = 7·923 Grm.

Alkoholausbeute der Brennerei:

342·6 Liter von 85·1° Tralles = 29·155 Liter pCt. = 8·12 Vol. pCt.

Attenuation $\frac{1{\cdot}0144}{1{\cdot}0260}$ spez. Gew. = 0·9885 „ „ = 8·4 „ „

Im Filtrat der vergohrenen Maische:

Zuckerwerth = 2·84 pCt.
Zucker . . = 1·34 „
Dextrin . = 1·35 „

An obige drei Versuche schließe ich einige weitere Beobachtungen aus der Nedlitzer Brennerei; dieselben richteten sich einestheils auf sorgfältige Ermittelung des Vergährungsgrades und des Säuregehaltes, andererseits aber auch auf die Menge von unaufgeschlossener Stärke, um einen möglichst ausgedehnten Ueberblick über die Leistungsfähigkeit des alten Verfahrens in dieser Richtung zu erhalten.

Säuregehalt und Vergährung. Es wurde die Säure mit 5 Pfund Schlämmkreide neutralisirt.

	Vergährung		° Oxym.		Alkoholertrag
17. März	3·5	° Balling	2·0	° Lüdersd.	345 Liter
18. „	2·9	„	2·5	„	350 „
23. „	3·0	„	2·5	„	345 „
24. „	3·1	„	2·5	„	345 „
25. „	3·2	„	2·25	„	340 „
27. „	3·0	„	2·75	„	340 „
Mittel	3·11	° Balling	2·41	° Lüdersd.	344·2 Lit. à 85 pCt. Tralles

= 29·257 Liter pCt.
= 8·2 pCt. vom Maischraum (3550 Liter).

Anstelltemperatur überall 13—13½° R.

Bei einer weiteren Versuchsreihe wurde keine Kreide zugesetzt.

	Vergährung		° Oxym.		Alkoholertrag
19. März	2·9	° Balling	3·0	° Lüdersd.	340 Liter
20. „	2·5	„	3·0	„	345 „
21. „	3·7	„	3·5	„	335 „
22. „	3·1	„	3·75	„	340 „
Mittel	3·05	„	3·31	„	340 Lit. à 85 pCt. Tralles

28900 Liter pCt. = 8·14 pCt. vom Maischraum.

Obige Versuche wurden ausgeführt, um den Einfluß des partiellen Neutralisirens auf den Vergährungsprozeß und die Alkoholausbeute kennen zu lernen, dieselben haben jedoch ein negatives Resultat ergeben, indem ein solcher Einfluß nicht zu erkennen war.

Ein Schluß über die Wirkung des Schlämmkreidezusatzes ist übrigens aus obigen Versuchen nur derart zu ziehen, daß sich nach 48 Stunden der Kreidezusatz als unwirksam erwiesen hat, keineswegs aber derart, daß ein Kreidezusatz über-

haupt keine Wirkung zeige, dazu wäre es nöthig, die Kreide gleich beim Beginn der Gährung zuzusetzen.

Unaufgeschlossene Stärke in Maischen der Brennerei Nedlitz (altes Verfahren):

17. Mai 1872 (a):
1 Liter süße Maische = 9·418 Grm. Stärke
1. Juni 1872 (b):
1 Liter süße Maische = 7·762 Grm. Stärke
1 „ vergohrene Maische = 6·032 „ „
(erhöht man letztere Zahl im Verhältniß des Volumens der reifen Maische zur süßen Maische beim Versuch b = 1 : 1·157, so erhält man im Liter süße Maische 6·979 Grm. Stärke, nach der Gährung noch vorhanden.
17. März 1873 (c):
1 Liter süße Maische = 15·475 Grm. Stärke.

Brennerei zu Hohenziatz bei Magdeburg.
(Administrator Teichmüller.)

Das Arrangement der Apparate ist aus der Skizze auf Tafel III zu ersehen.

Die Brennerei zu Hohenziatz zeichnet sich durch Geräumigkeit und Sauberkeit ihrer Räumlichkeiten aus, und gilt in der dortigen Gegend als eine mit großem Erfolge arbeitende Brennerei.

Versuch am 15. September 1872:

Gewicht der eingemaischten Kartoffeln = 2675 Kilo
Stärkegehalt derselben (spez. Gew.) = 22·52 pCt.
125 Kilo Grünmalz und 40 Kilo Roggenmalz.

Süße Maische im Vormaischbottich, 307 Centim. vom oberen Rande:
Oberer Durchmesser = 224·9 Centim., unterer Durchmesser = 235·4 Centim., Höhe = 99·4 Centim.

Volumen der süßen Maische = 2897·5 Liter bei 48° R.
2845·6 „ „ 14° R.

Süße Maische = 24° Balling = 1·102 spez. Gew.

Zunahme der Säure während 3stündiger Kühlung auf dem Kühlschiff:
vor dem Kühlen = $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$° Lüdersdorff
nach dem Kühlen = $1\frac{1}{4}$° „ = 2·601 Grm. Milchsäure im Lit.

Im Filtrat der süßen Maische:

Zuckerwerth 21·23 pCt.
Zucker . . 11·29 „
Dextrin . 9·85 „

Unaufgeschlossene Stärke im Liter süße Maische = 12·255 Grm.

Zur Hefe verwendet 75 Kilo Grünmalz:

194·4 Liter Hefe; 6° Saccharom.; 6° Oxym. = 12·4848 Grm. Milchsäure im Liter = 2·427 Kilo in der Hefe.

Eine andere Hefemaische vor Zusatz der Mutterhefe enthielt:

19° Saccharom.

$4\frac{1}{4}$° Oxym. = 8·843 Grm. Milchsäure p. Liter.

Auf dem Kühlschiff wurde die Maische 3 Stunden gekühlt und gelangte in Bottich Nr. II.:

Maischraum . . . = 3743 Liter

Steigraum . . . = 14·3 Centim.

Oberer Durchmesser = 231·4 u. 173·9 Centim.

Volumen der Maische 3269·2 Liter.

Saccharom. nach Hefezusatz 20° Saccharom.

Anstelltemperatur $15\frac{1}{4}$° R.

Vergohrene Maische:

Saccharom. 4°

Oxym. $3\frac{1}{2}$° Lüdersd. = 7·2828 Grm. im Liter = 23·81 Kilo Milchsäure im Bottich.

Im Filtrat:

Zuckerwerth 3·90 pCt.

Zucker . . 1·31 „

Dextrin . 2·33 „

Alkoholertrag des Bottichs II.:

400 Liter à $81\frac{1}{2}$ pCt. Tralles = 32600 Liter pCt. = 8·71 Vol. pCt. des Maischraums.

Unaufgeschlossene Stärke p. Liter = 10·662 Grm.

Eine süße Maische aus Hohenziatz, welche im Juni 1872 eingesendet war, enthielt:

15·594 Grm. unaufgeschlossene Stärke p. Liter.

Die Vergährung war bei den zur Orientirung im September ausgeführten Bestimmungen

3—4° Saccharom.

$2\frac{1}{2}$—$3\frac{1}{2}$° Oxym.

gewesen.

Brennerei zu Möckern bei Magdeburg.

(Amtmann Franz Wendenburg.)

Die Brennerei in Möckern hat mit mancherlei Schwierigkeiten, namentlich in Bezug auf Gährungsverhältnisse zu kämpfen, sie befindet sich in engen, schlecht angeordneten Räumlichkeiten und hat wenig befriedigende Resultate aufzuweisen. Sie ist in Folge dessen neuerdings umgebauet und mit dem Bohm'schen Apparate versehen worden.

Versuch am 16. September 1872.

Eingemaischte Kartoffeln. . . 2900 Kilo
Abzug für anhängende Erde 3 pCt. . 87 „
2813 Kilo

Stärkegehalt der Kartoffeln = 21·27 pCt. (u. d. spez. Gew.)
Grünmalz zum Vormaischen 200 Kilo.

Süße Maische im Vormaisch-Bottich:

Stand = 145·7 Centim. vom oberen Rande
Vol. = 2683·6 Liter bei = 52° R.
= 2635·6 Liter bei = 14° R.
Sacchar. = 24¼° Balling = 21·25 pCt. Z. W.

Zunahme der Säure auf dem hölzernen Kühlschiff
vor dem Kühlen = 0·75° Oxym. = 1·5606 Grm. Milchsäure p. Liter = 4·186 Kilo
nach dem Kühlen = 1·5° „ = 3·1212 „ „ „ „ = 8·372 „
Milchsäure in der Maische.

Unaufgeschlossene Stärke im Liter = 14·562 Grm.
Zur Hefe waren verwendet 58 Kilo Grünmalz.
5¾° Saccharom.
5½° Oxym.

Maische kam in Bottich II.:

Oberer Durchmesser = 256·3 u. 183·7 Centim.
Höhe . . . . . = 92·2 Centim.
Steigraum . . . = 9·8 „
Maischraum . . = 3628 Liter
Vol. d. Maische . = 3255·4 „
Anstelltemperatur . = 15° R.
Saccharometer . . = 20° Balling
(inkl. Hefe).

Vergohrene Maische:

Saccharom. = 6¼° Balling
Oxym. = 5° Lüdersdorff

Unaufgeschlossene Stärke im Liter = 11·612 Grm.
Alkoholausbeute der Brennerei = fehlt die Angabe.
Nach der Attenuation vor dem Kochen 1·0250 spez. Gew.
nach „ „ 1·0357 „ „
= 0·9896 = 7·5 Vol. pCt. im Filtrat der Maische
= 7·25 „ „ in 1 Liter Flüssigkeit u. Unlösl.
= 23602 Liter pCt.

Unvergohrener Zucker im Filtrat:

Zuckerwerth = 5·57 pCt.
Zucker . . = 2·63 „
Dextrin . = 2·65 „

Eine süße Maische aus Möckern vom Juni 1872 enthielt:

13·491 Grm. Stärke unaufgeschl. im Liter.

Eine süße Maische aus Dallenthin (Prov. Pommern) vom Juni 1872 enthielt

21·838 Grm. Stärke unaufgeschl. im Liter.

Dieselbe besaß ein sehr schlechtes Aeußere und es waren in derselben zahlreiche unaufgeschlossene Kartoffelstücke zu erkennen, daher der abnorm hohe Stärkegehalt erklärlich.

Eine süße Maische aus Ermsleben (Prov. Sachsen) Rittergutsbesitzer A. L. Sombart enthielt an unaufgeschlossener Stärke:

17·610 Grm. Stärke unaufgeschl. im Liter.

In der Ermslebener Brennerei wurden die Kartoffeln in eisernen Dampffässern unter einem Druck von 2 Atmosphären gedämpft. Der verhältnißmäßig hohe Stärkegehalt der Maische zeigt jedoch, daß das Dämpfen allein keine ausreichende Aufschließung bewirkt, sondern daß noch eine mechanische Zerkleinerung, sei es durch ein Rührwerk (Hollefreund, Bohm) oder durch Ausblasen (Henze) hinzukommen muß.

Aufschließung des Stärkemehls nach dem alten Verfahren mit Handbetrieb; Brennerei von Conradsdorf bei Freiberg i. S.

Um zu erfahren, wie sich die Aufschließung des Stärkemehls bei dem Handbetriebe gestaltete, wurden 3 Versuche von dem Besitzer der oben genannten Brennerei ausgeführt. Zu dem mit I bezeichneten Versuche wurden durchaus gesunde Kartoffeln verwendet, zu den beiden anderen Versuchen dienten Kartoffeln, welche von der Trockenfäule — aber schwach — befallen waren; eine Probe von 288 Stück enthielt z. B. 274 gesunde und nur 14, welche zum Theil in sehr geringem Maße trockenfaul waren. Nach dem spezifischen Gewicht 1·113 enthielten die Kartoffeln 21·81 pCt. Stärkemehl. Auf rund 1030 Liter Maischraum wurden 15·12 Ctr. Kartoffeln und 66 Kilo Grünmalz eingemaischt; die Maische sah nicht schlecht aus, dagegen konnte man beim Aufschlämmen mit Wasser sehr viele kleinere unaufgeschlossene Stücke erkennen. Die Vergährung war bei Maische I 2·4° bei II und III 1·7° Saccharometer.

Analytische Daten.

	I.	II.	III.
Saccharometer	24·4	23·2	23·2
Zuckerwerth löslich	22·94	21·81	21·81
Unaufgeschlossene Stärke im Liter .	15·488	16·275	14·625
Proz. Stärke unaufgeschlossen . .	6·58	7·25	6·55

Die Aufschließung ist daher keine so schlechte, wie man geneigt sein könnte anzunehmen, sie steht derjenigen des Dampfbetriebes bei dem alten Verfahren nahezu gleich.

II. Versuche nach dem Hollefreund'schen Verfahren in der Brennerei zu Trotha.

(Gebrüder Nagel.)

Beschreibung der Brennerei und des dort üblichen Verfahrens.

(Hierzu Skizze auf Tafel IV.)

Die Brennerei zu Trotha, vor wenigen Jahren neu erbauet, darf als eine sehr zweckmäßige Anlage bezeichnet werden, sie war eine der ersten, welche den Hollefreund'schen Apparat aufstellte. Derselbe arbeitet seit seiner zu Beginn der Campagne 1872 erfolgten Aufstellung ohne jede Betriebsstörung bis zum heutigen Tage.

Die Räume der Brennerei sind von sehr ausreichender Größe und passendem Arrangement, wie aus Skizze IV zu ersehen ist. Die Dimensionen waren folgende:

	Länge.	Tiefe.	Höhe.
Apparatraum	6·7	5·6	4 Meter.
Raum für den Hollefreund'schen Apparat	6·7	5·6	4 „
Hefekammer.	6·0	3·5	4 „
Gährraum	9·5	10·2	4 „
Malzkeller a.	10·2	12·8	3 „
„ b.	7·0	6·4	3 „

Der Gährraum war gewölbt ohne Kalkputz aus Verblendsteinen. Das Kühlschiff war ein eisernes, rundes mit Windflügeln.

Zahl der Gährbottiche 12 von 3600—4200 Liter Maischraum. Apparat-Colonne früher von Kupfer, jetzt von Eisen.

Versuche am 30. Oktober 1872.

Versuch I.

Zur Einmaischung kamen in den Hollefreund'schen Apparat 2481 Kilo Kartoffeln von 24·2 pCt. Stärkemehl, dazu 200 Kilo Grünmalz zum Verzuckern.

Das Volumen der süßen Maische vor dem Hefezusatz betrug 3499 Liter. Spez. Gew. = 1·0837 = 20·2° Saccharom.

1 Liter süße Maische enthielt 15·65 Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen.

Das Filtrat der süßen Maische enthielt 18·35 pCt. Zuckerwerth, davon als Zucker vorhanden 9·54 pCt.

Ein Liter süße Maische enthielt demnach (1052·0 Grm. Flüssigkeit) 193·04 Grm. löslichen Zuckerwerth = 173·74 Stärkewerth.

Von der eingemaischten Stärke (173·74 + 15·65) sind demnach unaufgeschlossen geblieben 8·25 pCt.

Dieses für den Hollefreund'schen Apparat sehr ungünstige Resultat erklärt sich daraus, daß unter den Kartoffeln des Versuchs eine Anzahl kranker vorhanden waren. Außerdem arbeitete aber die Malzquetsche sehr mangelhaft, so daß in

der Maische viele unzerdrückte Körner ganz unangegriffen vorhanden waren. Bei den folgenden Versuchen ist dieser Uebelstand, soweit es anging, verbessert.

Zur Hefe wurden verwendet 85 Kilo Grünmalz à 40 pCt. = 34·0 Kilo Stärkemehl, welche aber nur als 22·1 Kilo (0·65) für die Alkoholproduktion zu rechnen sind. Die Hefe zeigte 9·0 Saccharom. und 4·5° an Lüdersdorff's Drymeter. Durch den Zusatz von Hefe (246 Liter) und Spülwasser erhöhte sich das Volumen der zur Gährung angestellten Maische auf 3864 Liter.

Die Gährung verlief durchaus normal und kräftig unter einer Temperatursteigerung von 14° R. (angestellt mit 13° R.); Saccharometer, in der vergohrenen Maische 1·4°; Säure $1\frac{3}{4}$° Lüdersdorff.

Die vergohrene Maische enthielt an Zucker und Dextrin zusammen 1·32 pCt. Zuckerwerth, an Zucker allein 0·35 pCt. Der Alkoholertrag nach der Attenuation stellte sich zu 9·0 pCt.

Den Rechnungen ist jedoch die Ausbeute der Brennerei zu Grunde gelegt; da dieselbe jedoch nicht für jeden einzelnen Bottich festgestellt werden konnte, sondern nur für alle 3 Versuche vom 8. Oktober gemeinsam zu ermitteln war, so wurde dieselbe nach Maßgabe der vergohrenen Stärkemehlmengen auf die einzelnen Versuche vertheilt.

Die Bilanz des Versuches stellt sich nun folgendermaßen:

Eingemaischt:

In Kartoffeln und Malz . . .	662·68 Kilo	Stärkewerth.
Davon ab ungelöst	54·76 Kilo	
	607·92 Kilo	insgesammt 684·78 lösl. u. unlösl. u. Hefe.
Dazu in der Hefe.	22·10 Kilo	
Stärkewerth vor der Gährung gelöst	630·02 Kilo.	
Nach der Gährung noch vorhanden	44·87 Kilo	
Vergohrener Stärkewerth . . .	585·15 Kilo	
Daraus berechnete theoretische Alkoholausbeute (71·7)	41955 Liter-pCt.	
Ertrag der Brennerei	36792 Liter-pCt.	
Reinlichkeitskoeffizient . .	87·7 pCt.	
1 Kilo eingemaischte Stärke giebt Liter-pCt. Alkohol .	53·73 Liter-pCt.	
Prozent der theoretischen Ausbeute	74·9 pCt.	

Versuch II.

2481 Kilo Kartoffeln + 200 Kilo Grünmalz eingemaischt (Bottich VII).

Volumen der süßen Maische = 3489 Liter vor dem Hefezusatz. Spez. Gew. = 1·0845 = 20·3° Saccharom.

1 Liter süße Maische enthielt 11·87 Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen.

Das Filtrat der süßen Maische enthielt 19·05 pCt. Zuckerwerth, als Zucker vorhanden davon 9·82 pCt.

1 Liter süße Maische (1060·9 Grm. Flüssigkeit) enthielt demnach 201·84 Grm. Zuckerwerth = 181·66 Stärkewerth.

Von der eingemaischten Stärke (181·66 + 11·87) 193·53 Grm. im Liter sind demnach unaufgeschlossen geblieben 6·13 pCt.

Zur Hefe wurden verwendet 85 Kilo Grünmalz = 22·1 Kilo Stärkewerth.

Volumen der Hefe 246 Liter; Saccharometer = 9·4 pCt.; Oxymeter = 4·0° Lüdersdorff.

Volumen der vergohrenen Maische 3866 Liter, Verlauf der Gährung vollkommen normal mit 14° R. Temperatursteigerung (angestellt zu 13° R.). Saccharometer in der vergohrenen Maische 0·85 = 1·0034 spez. Gew.; Oxymeter 1·5° Lüdersdorff.

Die vergohrene Maische enthielt in der Flüssigkeit 1·323 pCt. Zuckerwerth (Z + D), davon als Zucker 0·27 pCt.

Ueber die Alkoholausbeute vergleiche Versuch I; dieselbe wurde auch hier nach dem Resultat der Versuche I—III nach Maßgabe des vergohrenen Stärkewerthes vertheilt.

Die Bilanz des Versuches war folgende:

Eingemaischt.

In Kartoffeln und Malz . . .	675·24 Kilo	Stärkewerth.	
Davon ab ungelöst	41·41 Kilo		
	633·83 Kilo	insgesammt 697·34 lösl. u. unlösl. u. Hefe.	
Dazu in der Hefe	22·10 Kilo		
Summa Stärkemehl vor der Gährung.	655·93 Kilo		
Nach der Gährung noch vorhanden	45·25 Kilo		
	610·68 Kilo		
Daraus berechnete theoretische Alkoholausbeute (71·7 pCt.) . .	43787 Liter=pCt.		
Ertrag der Brennerei	38398 Liter=pCt.		
Reinlichkeitskoeffizient .	87·7 pCt.		
1 Kilo eingemaischte Stärke giebt Liter=pCt. Alkohol .	55·03 Liter=pCt.		
= pCt. der theoret. Ausbeute .	76·8 pCt.		

Versuch III.

2061 Kilo Kartoffeln und 166 Kilo Grünmalz eingemaischt (Bottich VIII).

Es wurde versäumt, vor dem Hefezusatz Probe zu nehmen, die Zuckerbestimmung mußte daher unterbleiben, die eingemaischte Stärke konnte aber nach den vorhergehenden Versuchen durch Rechnung gefunden werden.

Nach dem Hefezusatz zeigte nämlich das Saccharometer bei Versuch I u. II 19·5 resp. 20·3°; der entsprechende Zuckergehalt der süßen Maischen war dabei gewesen 18·35 und 19·05 pCt.; unter gleichen Verhältnissen zeigte der Bottich VIII

des Versuchs III 18·5° Saccharom., welcher Angabe ein Zuckergehalt der süßen Maische von 17·4 pCt. entsprechen würde.

Volumen der süßen Maische 3070 Liter, spez. Gew. 1·08.

Ein Liter süße Maische enthielt 14·27 Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen.

In einem Liter Filtrat der süßen Maische waren enthalten (berechnet zu 1050 Grm.) 182·7 Grm. Zuckerwerth = 164·4 Grm. Stärkewerth.

Von der eingemaischten Stärke sind demnach unaufgeschlossen (164·4 + 14·27 = 178·7) 8·00 pCt.

Zur Hefe wurden verwendet 75 Kilo Grünmalz = 19·5 Kilo Stärkewerth.

Volumen der Hefe 219 Liter; Saccharometer = 8·8°; Oxymeter = 5·5° Lüdersdorff, absichtlich höher wie bei I und II, um den Einfluß auf die Vergährung zu prüfen.

Volumen der vergohrenen Maische = 3356 Liter. Verlauf der Gährung normal, Temperatursteigerung 13·5° R. (von 11·5° R. aus).

Saccharometer in der vergohrenen Maische 1·5°; $1\frac{3}{4}$° Lüdersdorff's Oxymeter. Gehalt an Zuckerwerth 1·494 pCt., davon als Zucker 0·34 pCt.

Die Alkohol-Ausbeute wurde nach der vergohrenen Stärke und dem bekannten Ertrage der Versuche I—III ermittelt.

Bilanz des Versuches.

Eingemaischt.

In Kartoffeln und Malz	548·5 Kilo Stärkewerth.	
Davon ab ungelöst	43·8 Kilo	insgesammt 568·0 lösl. u. unlösl. u. Hefe.
	504·7 Kilo	
Dazu in der Hefe	19·5 Kilo	
Stärkewerth vor der Gährung . .	524·2 Kilo	
Nach der Gährung noch vorhanden	44·4 Kilo	
Vergohrener Stärkewerth	479·8 Kilo	
Daraus berechnete theoretische Alkoholausbeute (71·7 pCt.) . . .	34402 Liter-pCt.	
Ertrag der Brennerei	30168 Liter-pCt.	
Reinlichkeitskoeffizient . .	87·7 pCt.	
1 Kilo eingemaischte Stärke giebt Liter-pCt. Alkohol .	53·11 Liter-pCt.	
= pCt. der theoret. Ausbeute . .	74·1 pCt.	

Berechnung der Alkoholausbeute für Versuch I—III.

Die Brennerei Trotha zog von den 3 Bottichen

105 358 Liter-pCt. Alkohol.

Hierzu hatte beigetragen:

Versuch I mit 585·15 Kilo vergohrenem Stärkewerth
" II " 610·69 " " "
" III " 479·80 " " "
Summa 1675·64 Kilo vergohrenem Stärkewerth
= 62·876 Lit.-pCt. p. Kilo vergohrener Stärke.

also entfällt eine Alkoholausbeute:

auf Versuch	I	585·15 × 62·876 . .	36792 Liter-pCt.
„ „	II	610·69 × 62·876 . .	38398 „
„ „	III	479·80 × 62·876 . .	30168 „
		Summa	105 358 Liter-pCt.

Versuche nach dem Hollefreund'schen Verfahren in der Brennerei zu Zabitz.

(Hierzu Skizze auf Tafel V.)

Die Brennerei zu Zabitz war neu gebaut und arbeitete zur Zeit der Versuchsanstellung (Dezember 1872) erst wenige Monate. Der Betrieb war reinlich und gut geregelt. Die Ausbeute nach den Büchern der Brennerei 8—8½ pCt. Als Maischapparat diente ein Hollefreund'scher Apparat, als Kühlapparat ein Nägeli'scher Röhrenkühler, als Destillirapparat eine gußeiserne Colonne.

Die Dimensionen sind aus der Skizze Nr. V zu ersehen. Maischraum der Bottiche ca. 4000 Liter.

Der Hollefreund'sche Apparat arbeitete zur vollkommenen Befriedigung der Besitzer.

Zur Ausführung kamen 3 verschiedene Versuche: 1. Kartoffeln mit Grünmalz, 2. Kartoffeln mit Darrmalz, 3. Mais (in getrocknetem Zustande) mit Grünmalz. Zur Kartoffelmaischung Nr. 2 wurden 24 Ctr. Melasse zugesetzt und damit 2 Bottiche bemaischt.

Versuch I. Kartoffeln mit Grünmalz. In den Hollefreund'schen Apparat kamen 2500 Kilo Kartoffeln, dazu zum Verzuckern 150 Kilo Grünmalz, ur Hefe 50 Kilo Darrmalz. Die Kartoffeln zeigten ein specifisches Gewicht von 6·1131, entsprechend einem Stärkemehlgehalt von 21·82 pCt.

Versuch II. Kartoffeln mit Darrmalz. 2460 Kilo Kartoffeln und 90 Kilo Darrmalz zum Verzuckern, 100 Kilo Darrmalz zur Hefe für 2 Bottiche. Die Kartoffelmaische wurde nämlich auf 2 Bottiche vertheilt und auf jeden derselben 100 Kilo Melasse zugefügt. Die letztere zeigte am Saccharometer 77·0 Brix, nach der Polarisation enthielt sie 51·9 pCt. Rohrzucker = 49·2 pCt. Stärkewerth; von Invertzucker war sie so gut wie frei. In den 1200 Kilo Melasse wurde daher der Maischung ein Stärkewerth von 590·4 Kilo zugeführt.

Versuch III. Mais und Grünmalz. 873 Kilo Mais wurden in geschrotenem Zustande im Hollefreund'schen Apparat gedämpft, mit 150 Kilo Grünmalz verzuckert und mit einer aus 50 Kilo Darrmalz bereiteten Hefe vergohren.

Analytische Daten der 3 Versuche.

	I. Kartoffeln u. Grünmalz.	II. Kartoffeln u. Darrmalz.	III. Mais u. Grünmalz.
In der verzuckerten Maische.			
Saccharometerangabe vor Hefezusatz	20·5	20·1	17·4°
Oxytmeterangabe „ „	½°	½°	¼°
Zuckergehalt	19·83	17·57	17·16%

	I. Kartoffeln u. Grünmalz.	II. Kartoffeln u. Darrmalz.	III. Mais u. Grünmalz.
In der Hefe.			
Saccharometer	4·4°	5·0	5·0
Oxymeter	3½°	3½°	3½°
In der Maische nach Hefezusatz.		(incl. Melasse.)	
Saccharometer	18·5	19·5	15·0
Oxymeter	1	½	½
Anstelltemperatur	14° R.	15½° R.	13½° R.
In der vergohrnen Maische.			
Saccharometer	1·5°	4·9	0°
Oxymeter	3—3½°	2·5—3	2·5°
Höchste Temperatur der Gährung	26¾° R.	28½° R.	25° R.
Temperatur-Steigerung	12¾° R.	13° R.	12½° R.
Verlauf der Temperatur.			
11. Decbr. (Anstelltag)	14	15½	13½° R.
12. „ (6 Uhr früh)	18	20½	17
12. „ (6 „ Abends)	26½	28	22½
13. „ (6 „ früh)	26¾	28½	25
13. „ (6 „ Abends)	26	27	25
(Gährung beendet.)			

Die Gährung verlief bei allen 3 Versuchen ruhig und normal, ohne daß ein Uebersteigen eintrat.

Nach den Alkoholbestimmungen wurden erzielt:

Versuch I. 32762 Lit. pCt. Alkohol
„ II. 68419 „ „ „ (2 Bottiche)
„ III. 31659 „ „ „
Summa 132840 Lit. pCt. Alkohol.

Nach den Angaben der Brennerei wurde von den 4 Bottichen erzielt eine Ausbeute von

138000 Lit. pCt.

Zur Rechnung wurden indessen die analytischen Zahlen herangezogen, da die Messung der Brennerei im Reservoir geschah, und nur eine annähernde Schätzung sein sollte; sie weicht übrigens auch nur um 3·7 pCt. von den analytischen Zahlen ab.

Versuche mit dem Hollefreund'schen Apparat in der Brennerei zu Salzmünde.

(Hierzu Skizze auf Tafel VI.)

Die Brennerei zu Salzmünde besteht seit längerer Zeit, hat mit den alten Apparaten sehr befriedigend gearbeitet und sehr hohe Ausbeuten (9—10 pCt.) erzielt. Wenn dieses auch zum Theil in der vorzüglichen Beschaffenheit der

dortigen Kartoffeln begründet war — bei den vorliegenden Versuchen enthielten dieselben z. B. 25·24 pCt. Stärkemehl und von Dr. Holdefleiß wurde in einer zu Salzmünde geernteten Zwiebelkartoffel 29 pCt. Stärkemehl nachgewiesen — so lag der Hauptgrund gewiß in der exacten und kundigen Ausübung des alten Verfahrens. Zu Anfang der 1872er Campagne ist in der Salzmünder Brennerei der Hollefreund'sche Apparat aufgestellt, derselbe hat jedoch dort unter mannigfachen Betriebsstörungen anfangs zu sehr geringer Befriedigung des Brennereileiters gearbeitet, später soll es besser gegangen sein. Als der Verfasser in Salzmünde experimentirte, waren die Brennereibeamten offenbar noch weit weniger mit der Handhabung des Apparates vertraut, wie diejenigen zu Trotha, Zabitz und Benkendorf. Unregelmäßigkeiten im Betriebe, welche sich namentlich in verschiedenen Concentrationen der Maischen zeigten, blieben daher nicht aus.

Das Arangement der Brennerei ist aus der Skizze VI. zu ersehen.

Außer dem Hollefreund'schen Apparat besaß die Brennerei einen continuirlichen Colonnenapparat, ein eisernes Kühlschiff mit Ventilatoren (keine Windflügel) als Kühlung und Gährbottiche von 4200—4300 Litern Maischraum. Der Betrieb im Gährraum, Malzkeller und in der Hefekammer war durchaus reinlich und geregelt, wie von der altrenommirten Brennerei nicht anders zu erwarten war. Es wurden 3 Versuche ausgeführt, von denen der erste absichtlich mit Kartoffeln, welche stark von der Trockenfäule betroffen waren, angestellt wurde. Bei den anderen Versuchen fehlten zwar solche ebenfalls nicht, waren jedoch — namentlich bei Versuch II — in weit geringerem Maße vorhanden. Da die Stärke der trockenfaulen Kartoffeln weder durch das Hollefreund'sche noch auch durch das Bohm'sche oder Henze'sche Verfahren gelöst wird, so liegt hierin die Erklärung des abnorm hohen Gehalts der Maische von Versuch I an unaufgeschlossenem Stärkemehl.

Bei allen 3 Versuchen wurden 50 Ctr. Kartoffeln im Hollefreund'schen Apparat gedämpft und mit 150 Kilo Grünmalz verzuckert. Die Hefe für jeden Bottich wurde aus 20 Kilo Grünmalz und 50 Kilo Darrmalz bereitet. Der Stärkemehlgehalt der Kartoffeln betrug 25·24 pCt.

Analytische Daten.

	I.	II.	III.
In der verzuckerten Maische vor Hefezusatz.			
Saccharometer	19·8	18·0	19·0
Oxymeter	½	½	½—¾
Zuckergehalt	17·92	15·9	17·58
In der Hefe.			
Saccharometer	—	5·6	6·0
Oxymeter	—	6—6·5	6—6·5
In der Maische nach Hefezusatz.			
Saccharometer	18·9	16·9	17·2
Oxymeter	½—1	½—1	½—1
Anstelltemperatur	12° R.	12	14

	I.	II.	III.
In der vergohrenen Maische.			
Saccharometer	2·2	1·6	1·7
Oxymeter	3—3½	2½—3	2½—3
Höchste Temperatur der Gährung	25½	24	25° R.
Erwärmung	13½	12	11° R.
Verlauf der Temperatur.			
18. Dec. (Anstelltemperatur)	12	12	14° R.
18. „ (8 Uhr Abends)	19·5	16	16
19. „ (7 „ Morgens)	22	20	20
19. „ (3 „ Nachm.)	25·5	23	23
19. „ (6 „ Abends)	25·5	24	25
	höchste Temperatur.		

Der Verlauf der Gährung gestaltete sich bei Bottich I sehr ruhig und normal, bei Bottich II und III aber sehr stürmisch, so daß durch Uebergähren bei II 200 Liter, bei III 100 Liter verloren gingen.

Aufschließung der Stärke in einer gut aussehenden Maische aus Salzmünde, Januar 1873.

Bei einem Besuche der Brennerei zu Salzmünde im Januar 1873 wurde eine Probe Maische entnommen, um die Aufschließung der Stärke bei sehr guten Kartoffeln zu studiren. Ein Liter süße Maische, welche 20° Saccharom. zeigte und somit einen Stärkewerth von rund 180 Grm. im Liter besaß, enthielt

5·960 Grm. unaufgeschlossene Stärke,

somit waren von rund 186 Grm. eingemaischter Stärke 6·0 Grm. ungelöst geblieben =

3·2 pCt. der Stärke unaufgeschlossen.

Um die unter den günstigsten Verhältnissen erreichbare Aufschließung der Stärke mit dem Hollefreund'schen Apparat festzustellen, wurden 2 Maischen untersucht, zu deren Herstellung ein von kranken und trockenfaulen Kartoffeln vollkommen freies Material zur Verwendung kam; die Arbeit der Malzquetsche war ebenfalls vollkommen tadellos.

a) Maische aus Neubeesen. Das Filtrat dieser Maische zeigte 22° am Saccharometer, entsprechend einem Gehalt an gelöstem Stärkewerth von 210 Grm. im Liter; unaufgeschlossene Stärke enthielt dieselbe 7·555 Grm. per Liter = **3·47** pCt. der eingemaischten Stärke unaufgeschlossen.

b) Maische aus Zabitz. Saccharometerangabe des Filtrats = 19·5° = 170 Grm. gelösten Stärkewerth im Liter; unaufgeschlossen waren vorhanden 5·281 Grm. Stärke im Liter = **3·01** pCt. der eingemaischten Stärke unaufgeschlossen.

Obige Zahlen dürften wohl als die mit dem Hollefreund'schen Apparat überhaupt erreichbar günstigsten für die Aufschließung der Stärke bezeichnet werden.

Zwei Versuche zu Trotha mit dem Hollefreund'schen Apparat und mit sehr stärkemehlreichen Kartoffeln.

Um die Arbeit des Hollefreund'schen Apparates unter anderen Verhältnissen zu controliren, wurden bei 2 Versuchen zu Trotha am 8. Januar 1873 sehr stärkemehlreiche, sächsische Zwiebelkartoffeln eingemaischt. Die gesunden Knollen dieses Materials zeigten den hohen Stärkemehlgehalt von 29·69 pCt.; einzelne trockenfaule Kartoffeln fehlten nicht.

Zur Einmaischung kamen auf rund 4310 Liter Maischraum 2500 Kilo Kartoffeln und 175 Kilo Grünmalz; zur Darstellung der Hefe wurden weitere 85 Kilo Grünmalz verwendet.

Analytische Daten.

In der verzuckerten Maische vor Hefezusatz.	I.	II.
Saccharometer	22·5	23·6
Oxymeter	½—1	½—1
Zuckergehalt	21·46	22·81 pCt.
Gelöster Stärkewerth im Liter	206·37	219·90 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	8·94	9·81 Grm.
pCt. Stärke unaufgeschlossen	4·2	4·3 pCt.
In der vergohrenen Maische.		
Saccharometer	1·75	1·18°
Oxymeter	2½—3	2½—3°
Zuckergehalt	1·84	1·93 pCt.
Anstelltemperatur	12	12° R.
Höchste Temperatur	26	26 „
Erwärmung	14	14 „
Alkoholausbeute in Vol. pCt. des Maischraums	9·25	9·89 pCt.

Der Verlauf der Gährung war ruhig und normal; ein Uebersteigen trat nicht ein.

Zu einem anderen Versuche zu Trotha im Februar 1873 dienten Kartoffeln, welche vollkommen frei von Trockenfäule waren. Der Leiter der Brennerei erklärte die erhaltene Maische für vorzüglich und gleichmäßig aussehend und empfahl aus diesem Grunde dieselbe besonders zur Untersuchung.

Das Filtrat der Maische zeigte 22·2° am Saccharometer = 1·0923 spec. Gewicht, es enthielt an Zucker 20·87 pCt. = 18·78 pCt. Stärkewerth = 200·63 Grm. gelöster Stärke im Liter; ungelöst waren im Liter 8·486 Grm. Stärkemehl = **4·06** pCt. der Gesammtstärke.

Um zu erfahren, ob sehr langes Dämpfen unter hohem Druck eine bessere Aufschließung durch den Hollefreund'schen Apparat bewirkte, wurden Kartoffeln 3 Stunden lang bei 2½ Atmosphären gedämpft. Auf Verlangen des Leiters der Trothaer Brennerei war kein Wasser zu den Kartoffeln gegeben, während sonst ca. 2—300 Liter vor dem Dämpfen in den Apparat gelassen wurden. Es sollte hierdurch eine bessere Zerkleinerung der Kartoffeln und eine vollständigere Auf-

schließung der Stärke erreicht werden. Zu den Versuchen dienten Kartoffeln von 27 pCt. Stärkemehlgehalt, welche trotz der vorgerückten Jahreszeit (27. Mai 1873) vortrefflich erhalten waren.

Die resultirende Maische zeigte 22·2° am Saccharometer und enthielt 20·27 pCt. Zucker; ungelöst waren 9·003 Grm. Stärke im Liter geblieben = **4·41** pCt. der Gesammtstärke.

Dieses Resultat darf für die späte Jahreszeit ein vortreffliches genannt werden; in wie weit dabei das ohne Wasserzusatz erfolgte Dämpfen und Zerkleinern betheiligt ist, muß freilich vorläufig noch dahin gestellt bleiben; jedenfalls ist aber durch diesen Versuch der Beweis geliefert, daß ein Wasserzusatz im Hollefreund'schen Apparat nicht absolut nothwendig ist.

Dieser Umstand ist für Maischen aus stärkemehlreichen Kartoffeln, welche ohnehin noch verdünnt werden müssen, ohne Interesse, dagegen eine Lebensfrage für den Gebrauch des Hollefreund'schen Apparates, wenn stärkemehlarme Kartoffeln verarbeitet werden müssen und die Besorgniß vorliegt, daß die erhaltenen Maischen zu dünn ausfallen. Man kann diesem Uebelstand mittelst des Hollefreund'schen Apparates durch Fortlassung des Wasserzusatzes und gewiß auch noch durch Entfernung des ersten Condensationswassers wirksam entgegenarbeiten.

Aufschließung des Stärkemehls mit dem Hollefreund'schen Apparat zu Benkendorf am 18. Mai 1873.

Die ursprünglich stärkemehlreicheren Kartoffeln waren, wie dasselbe bei der vorgerückten Jahreszeit erklärlich ist, erheblich zurückgegangen und enthielten unter 20 pCt. Stärkemehl. Zur Einmaischung wurden verwendet 52 Ctr. Kartoffeln und 175 Kilo Grünmalz. Gedämpft wurde eine Stunde bei 1½ Atmosphären.

Die erhaltene Maische war sehr dünn und zeigte 14·7° am Saccharometer; an Zucker enthielt sie 14·14 pCt., an unaufgeschlossener Stärke 3·658 Grm. im Liter, entsprechend **2·67** pCt. der Gesammtstärke. Dieses Resultat darf als ein abnorm günstiges bezeichnet werden. Wahrscheinlich ist der niedrige Stärkemehlgehalt der Kartoffeln und die relativ schwache Einmaischung nicht ohne Einfluß hierauf gewesen. Zum Wenigsten darf man aber aus diesem und dem vorhergehenden Trothaer Versuch schließen, daß die Auflösung der Stärke bei Anwendung des Hollefreund'schen Verfahrens durch die vorgerückte Jahreszeit nicht beeinträchtigt wird.

Zwei Versuche in der Trothaer Brennerei mit normalen Kartoffeln im Hollefreund'schen Apparate.

Diese Versuche waren ursprünglich als Controle-Versuche für einen anderen Zweck ausgeführt, ihre Zahlen reihen sich jedoch den vorstehenden, mit dem Hollefreund'schen Apparat gewonnenen, an.

Der Versuch I wurde am 10. November 1873, der Versuch II am 7. April 1875 ausgeführt; bei dem letzteren waren viele trockenfaule Kartoffeln vorhanden. Bei Versuch I wurden für 3612 Liter Maischraum 50 Centner Kartoffeln von 22 pCt. Stärkemehlgehalt mit 166 Kilo Grünmalz, bei Versuch II zu 4311 Liter 60 Ctr.

Kartoffeln von 21·5 pCt. Stärkemehlgehalt mit 150 Kilo Grünmalz eingemaischt. Zum Anstellen eines Syrupbottichs wurden von der Maische II nach Hefezusatz 220 Liter abgenommen und durch Zusatz von Wasser ersetzt. Hierdurch wurden umständlichere Rechnungen über das Verhältniß von süßer zu vergohrener Maische nothwendig, welche zu den eingeklammerten Zahlen der Tabelle I. führten. In den analytischen Belegen finden sich die dazu gehörigen Angaben.

Analytische Daten.

In der verzuckerten Maische vor Hefezusatz.	I.	II.	
Saccharometer	21·3	23·5°	
Zuckergehalt	19·15	22·55	pCt.
Gelöster Stärkewerth im Liter	183·7	216·3	Grm.
Unaufgeschlossene Stärke im Liter	6·90	17·45	„
pCt. Stärke unaufgeschlossen	3·62	7·47	pCt.
In der vergohrenen Maische.			
Saccharometer	2·8	2·8°	
Oxymeter	2	3·5°	
Zuckergehalt	0·935	1·410	pCt.
Anstelltemperatur	12	12° R.	
Alkoholausbeute Vol. pCt. des Maischraums	8·05	9·16	pCt.

Der Verlauf der Gährung bei Versuch I war sehr stürmisch, etwas schaumig, so daß ca. 50 Liter übergohren; bei II war die Gährung durchaus normal.

Versuche über die Verarbeitung von Roggen und Mais mit dem Hollefreund'schen Apparat

1. Versuche zu Benkendorf mit geschrotenem Roggen.

Da über eine mangelhafte Alkoholausbeute gerade beim Roggen geklagt und dieses der im Hollefreund'schen Apparat erfolgenden mangelhaften Aufschließung der Stärke zugeschrieben wurde, ließ man einen Versuch die übliche Zeit 20 Min. lang verzuckern, während bei einem zweiten eine Verzuckerungsdauer von 2 Stunden eingehalten wurde.

Eingemaischt wurden auf rund je 4000 Liter je 16 Centner fein geschrotener Roggen und 150 Kilo Grünmalz. Gedämpft wurde eine Stunde lang bis zu 2 Atmosphären Druck.

Analytische Daten.

	I = 20 Min.	II = 2 St.	
Saccharometer[1])	19	20° Sacch.	
Zuckerwerth löslich	15·98	16·91	pCt.
Davon als Zucker	7·59	8·03	„
„ „ Dextrinwerth	8·39	8·88	„
Z : D = 1	1·11	1·11	
Unaufgeschlossene Stärke im Liter	20·98	23·44	Grm.
pCt. Stärke unaufgeschlossen	12·50	13·26	pCt.

1) Die Saccharometerangabe in der sehr dickflüssigen Roggenmaische ist unzuverlässig.

Das Resultat dieses Versuches ist sehr lehrreich, die Aufschließung des geschrotenen Roggens ist eine ziemlich mangelhafte, indem 12·50 und 13·26 pCt. des Stärkemehls ungelöst blieben, aber die längere Dauer der Verzuckerung ändert darin nichts, da trotz der längeren Verzuckerung bei Versuch II sogar etwas weniger aufgeschlossen war, wie bei I.

Daß übrigens bei der Arbeit mit Roggen im Hollefreund'schen Apparat Schwierigkeiten erwachsen würden, war vorauszusehen, da die mit Verheißungen gar nicht sparsamen Erfinder dieses Apparates für Kartoffeln eine Materialersparniß von 20—25 pCt. garantirten, während sie für Getreide nur eine solche von 10 pCt. in Aussicht stellten.

2. Versuche zu Benkendorf mit grob und fein gemahlenem Mais.

Da die Ausbeute bei Mais ebenfalls unbefriedigend war, wurde die Aufschließung der Stärke zunächst bei einem Material studirt, welches, wie es allgemein üblich ist, in der Mühle nur geschroten war. Bei der Schwierigkeit, mit der sich Mais zerkleinern läßt, fehlte es hierbei nicht an gröberen Stücken. Bei einem zweiten Versuche wurde Mais eingemaischt, nachdem er durch dreimaliges Durchmahlen in ein möglichst feines Pulver verwandelt war, ohne daß es jedoch dabei gelungen wäre, alle gröberen Stücke zu zerkleinern.

Bei den nachstehenden Versuchen (I grobes, II feines Material) wurden je 16 Ctr. Mais unter 2½ Atmosphären Druck 1½ Stunden lang gedämpft und sodann mit 150 Kilo Grünmalz verzuckert.

Analytische Daten.

	I.	II.
Saccharometer	18·4	13·7
Zuckerwerth, löslich	18·15	13·43
Unaufgeschlossene Stärke im Liter.	22·17	11·53
pCt. Stärke, unaufgeschlossen . .	11·33	8·53

Hiernach muß man die Aufschließung des geschrotenen Maises allerdings ziemlich unvollkommen nennen, und selbst durch feines Mahlen mit einem Aufwand von Zeit und Kraft, wie er in der Praxis kaum durchführbar ist, erreicht man nur eine um 3 pCt. bessere Aufschließung. Es muß anderen Methoden der Zubereitung vorbehalten bleiben, hier ein besseres Resultat zu geben.

3. Versuche zu Trotha mit Mais und Mais und Kartoffeln nach dem Hollefreund'schen Verfahren.

A. Versuch mit Mais am 17. März 1875.

Der Mais — ungarischer — wurde auf einer Mühle mit französischen Steinen 4—5mal durchgemahlen und hierdurch in ein ziemlich feines aber noch durchaus nicht griesfreies Mehl verwandelt; sodann trocken in den Hollefreund'schen Apparat gebracht, mit kaltem Wasser 10 Minuten durchgerührt und sehr stark gedämpft.

Beginn des Dämpfens	8 Uhr	45 Min.		
Die Temperatur war .	9 „	45 „	= 114° R.	
„ „ „ .	9 „	45 „	= 117 „	
Ende des Dämpfens .	10 „	45 „	= 117 „	

Es war also eine volle Stunde bei 117° R. = 4¼ Atmosphären-Druck gedämpft.

Eingemaischt wurden 1078 Kilo Mais mit 175 Kilo Grünmalz zum Verzuckern und 85 Kilo Grünmalz zur Hefe. Nach dem Hefezusatz wurden von der Maische 220 Liter zum Anstellen eines Syrupbottichs entnommen und durch Wasser ersetzt; die bezüglichen Correctionen für die Volumina der Maischen sind aus den analytischen Belegen zu ersehen.

Analytische Daten.

In der süßen Maische vor Hefezusatz.

Saccharometer	19·6°
Zuckergehalt	19·45 pCt.
Gelöster Stärkewerth im Liter	181·00 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	18·10 „
pCt. Stärke, unaufgeschlossen	9·09 pCt.

In der Maische nach Hefezusatz.

Anstelltemperatur	12° R.

In der vergohrenen Maische.

Saccharometer	0·3°
Drymeter	1·5°
Zuckergehalt	1·390 pCt.
Höchste Temperatur	25° R.
Erwärmung	13° R.
Alkoholausbeute Vol.-pCt. des Maischraums .	9·46 pCt.

Die Gährung verlief sehr günstig, der Alkoholertrag von dem gelösten Stärkemehl war ein sehr hoher.

B) Versuch mit Mais und Kartoffeln. 7. April 1875.

Von vielen Seiten wird behauptet, der Mais sei nicht nur ein für sich vortrefflich zu bearbeitendes Material, sondern übe auch im Gemenge mit anderen Materialien einen günstigen Einfluß auf die Vergährung dieser aus. Es wurde deshalb ein Versuch mit Mais und Kartoffeln ausgeführt, so daß etwa ⅓ der Gesammtstärke als Mais vorhanden war; hierzu wurden 40 Ctr. Kartoffeln von 21·5 pCt. Stärkemehlgehalt und 8 Ctr. Mais (auf 4258 Liter Maischraum) am 6. April Mittags — zuerst der Mais mit 70 Liter Wasser per Ctr. = 560 Lit. und damit gut durchgerührt — in den Hollefreund'schen Apparat gebracht und bis zum andern Morgen sich selbst überlassen; eine Säuerung trat dabei nicht ein.

Am 7. April Morgens wurde gedämpft bis zur Erreichung einer Temperatur von 112° R., hierauf unter Druck 10 Minuten stehen gelassen, abgeblasen, durch Evakuiren abgekühlt und ½ Stunde mit 150 Kilo Grünmalz verzuckert; zur Herstellung der Hefe dienten 85 Kilo Grünmalz. Ein Controlversuch wurde mit Kartoffeln gleicher Beschaffenheit ohne Maiszusatz ausgeführt, dessen Zahlen zum

Vergleich als Nr. II neben diejenigen des Mais- und Kartoffelversuches I gestellt sind.

Analytische Daten.

	I. M. u. K.	II. K.
In der süßen Maische vor Hefezusatz.		
Saccharometer	22·1	23·5
Oxymeter	0·5	—
Zuckergehalt	21·90	22·55
Gelöster Stärkewerth im Liter	207·5	216·3
Unaufgeschlossene Stärke	19·34	17·45
pCt. Stärke, unaufgeschlossen	8·53	7·47
In der vergohrenen Maische.		
Saccharometer	1·9	2·8
Oxymeter	2·5	3·5
Zuckergehalt	1·234	1·410
Anstelltemperatur	12	12
Höchste Temperatur	26·5	26
Erwärmung	14·5	14
Alkoholausbeute Vol.-pCt. d. Maischraums	9·41	9·16

Die Gährung sowohl von Nr. I wie II verlief normal und kräftig, jedoch war diejenige der Maische des Mais-Kartoffelbottichs eher beendet als diejenige der reinen Kartoffelmaische.

III. Versuche nach dem Bohm'schen Verfahren.

1. Versuch zu Kleinhof bei Dobrilugk, Kreis Luckau, Niederlausitz. 25. Mai 1873.

Auf einen Maischraum von rund 2200 Litern wurden ungefähr 28—30 Ctr. Kartoffeln eingemaischt; der Stärkemehlgehalt betrug nach dem specifischen Gewicht 18¼ Procent. Zum Verzuckern wurden 90 Kilo und zur Herstellung der Hefe 45 Kilo Grünmalz verwendet. Die Kartoffeln waren von sehr mangelhafter Beschaffenheit; da das Saatgut aus denselben ausgelesen war, bestanden dieselben nur aus kleinen Knollen, außerdem enthielten sie viele trockenfaule und kranke — bei der vorgerückten Jahreszeit war überhaupt ein günstiges Resultat nicht mehr zu erwarten.

Der Betrieb gestaltete sich bei dem Versuche folgendermaßen:

Beginn des Dämpfens		7 U. 38 M.	
Der Druck war auf 2½ Atmosphären gestiegen		8 „ 38 „	
Das Rührwerk ging von	8 U. 38 M.	— 9 „ 19 „	
Der Dampf wurde abgeblasen	9 „ 19 „	— 9 „ 29 „	
Die Wasserkühlung bis 57½ ° R. dauerte bis		9 „ 47 „	= 18 M.
Zur Verzuckerung ließ man stehen bis		10 „ 57 „	

Die Wasserkühlung bis 13¾ ° R. dauerte bis 11 U. 55 M. = 58 M.
Temperatur des Kühlwassers . . . . . = 8½ ° R.

Der Apparat war in der Fabrik der Gebrüder Bohm zu Fredersdorf gefertigt. Das Rühr-Kühlwerk desselben machte in der Minute 25 Touren, während dasjenige der Hollefreund'schen Apparate 40—50 macht.

Nach Angaben der Gebrüder Bohm werden an Kühlwasser gebraucht für ein Liter Maischraum 2½ Liter (Temperatur 8½—9° R.) und zwar

⅓ Liter zur Kühlung bis zur Maischtemperatur (57—58° R., durch Zusatz des mit kaltem Wasser angerührten Malzes erniedrigt sich die Temperatur auf 52° R.

2 Liter zur Kühlung von der Maischtemperatur bis zur Anstelltemperatur 13° R.

Das Kühlwasser lief anfänglich mit einer Temperatur von 55—60° R. ab, gegen Ende der ersten Kühlung aber, als die Maische eine Temperatur von 57° R. erreicht hatte, mit 31° R.

In dem Bohm'schen Apparat zu Kleinhof befand sich kein Thermometer, die Temperatur der Maische wird nur nach der Temperatur des Kühlwassers geschätzt. Obgleich dieses Verfahren ein ziemlich primitives genannt werden muß, führte es doch gut zum Ziel. So sollte die Maische vor dem Malzzusatz auf 57° R. gekühlt werden und empirisch war dieser Punkt für den Kleinhöfer Apparat auf eine Temperatur des Kühlwassers von 31° R. eingestellt; nach der ausgeführten Messung war die Temperatur bei dem vorliegenden Versuch 57½ ° R. Selbstverständlich setzt dieses Verfahren eine gleichmäßige Temperatur des Kühlwassers, einen gleichmäßigen Zufluß desselben und eine gleichmäßige Concentration und Consistenz der Maische voraus. Daß hierbei verschiedene Apparate nicht gleichmäßig arbeiten, und ein jeder gewissermaßen eingestellt werden muß — wie dem Verfasser mitgetheilt wurde — ist leicht verständlich. Neuerdings construirt man die Kühlgefäße im Bohm'schen Apparat der bessern Wärmeleitung und größern Widerstandsfähigkeit wegen aus Kupfer.

Analytische Daten.

In der süßen Maische vor Hefezusatz:

Saccharometerangabe	18·3°
Zuckergehalt	16·91 Procent.
Gelöster Stärkewerth im Liter	160·3 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	5·83 „
Procent der Stärke unaufgeschlossen	3·51 Procent.

In der Maische nach Hefezusatz:

Saccharometerangabe	17·7°
Anstelltemperatur	13¾ ° R.

In der vergohrenen Maische:

Saccharometer	2·2°
Oxymeter	3·5°
Zuckergehalt	1·42

Höchste Temperatur . . . . . 25° R.
Erwärmung . . . . . 12¼° R.
Alkoholausbeute Vol.-Procent des Maischraumes 6·76 Procent.

Die sehr geringe Alkoholausbeute des vorstehenden Versuchs darf nicht dem Bohm'schen Verfahren zur Last gelegt werden, die Jahreszeit war bereits so vorgerückt, daß an ein normales Resultat nicht mehr zu denken war. Mit dem vorstehenden Versuch wurde übrigens auch die Campagne geschlossen. Laut Ausweis der Bücher sind in der günstigen Jahreszeit von demselben Maischraum 1700 Liter pCt. Alkohol gezogen (und abgeliefert) = rund 8 pCt. Danach würde sich die Rechnung folgendermaßen stellen:

Auf einen Maischraum von 2200 Liter kommen:

Stärkewerth in den Maischmaterialien Kartoffeln und Malz, löslich und unlöslich . .	320·5	Kilo.
In der Hefe desgl.	11·7	„
Insgesammt eingemaischt	332·2	Kilo.
ab Stärkewerth ungelöst	11·25	„
Stärkewerth gelöst vor der Gährung	320·95	Kilo.
Stärkewerth unvergohren	26·58	„
Stärkewerth vergohren	294·37	Kilo.
daraus berechnete Alkoholausbeute	21106	Liter pCt.
erhaltene Ausbeute der Brennerei	17600	„ „
Reinlichkeitskoefficient der Gährung . .	83·4	
1 K. Stärkemehl d. Maischmaterialien giebt	53·0	Liter pCt.
Procente der theoret. Ausbeute	73·9	pCt.

Da bei dem ersten Versuch folgende Verhältnisse vorlagen:

Reinlichkeitskoefficient	70·7	pCt.
1 Kilo Stärkemehl gab	44·9	Liter pCt.
= Proc. der theoret. Ausbeute . . .	62·6	pCt.

so liegen die Verhältnisse für den normalen Betrieb weit günstiger.

Ueber den Verlauf der Gährung des ersten Versuches geben nachstehende Zahlen Aufschluß:

Angestellt mit	17·7°	Saccharometer.
	1·5	Oxymeter.
nach 24 Stunden	10·2°	Saccharometer.
in voller Gährung	1·5°	Oxymeter.
nach 36 Stunden	2·8°	Saccharometer.
vollkommen ruhig	2·0°	Oxymeter.
nach 72 Stunden	2·2°	Saccharometer.
	3·5°	Oxymeter.

Die Säuerung scheint daher am dritten Tage nach beendeter Gährung hauptsächlich fortzuschreiten; es ist daher fraglich, ob es nicht vortheilhafter wäre, die Gährung nach zwei Tagen zu unterbrechen.

Ein ähnliches Resultat zeigte eine andere Reihe von Bestimmungen:

Angestellt mit	1·5	Oxymeter	17·0 Saccharometer
nach 24 Stunden	1·5	„	10·0 „
„ 36 „	2·0	„	2·8 „
„ 72 „	3·25	„	2·3 „

2. Versuche mit dem Bohm'schen Apparat zu Kötschau b. Leipzig. Januar 1874.

Auf 2077 Liter Maischraum wurden 29 Ctr. Kartoffeln = 1450 Kilo eingemaischt; hiervon kamen für den Verzuckerungsproceß 90 Kilo Grünmalz, für die Hefe 25 Kilo Darrmalz und 5 Kilo Roggenmehl.

Analytische Daten.

In der süßen Maische vor Hefezusatz:

Saccharometerangabe	18°	
Zuckerwerth	17·32	pCt.
als Zucker vorhanden	8.65	„
Z : D = 1	1·00	
Gelöster Stärkewerth im Liter	164·2	Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	7·71	
Procent der Stärke unaufgeschlossen	4·49	pCt.

In der Maische nach Hefezusatz:

Saccharometerangabe	18° (?)	
Anstelltemperatur	14° R.	

In der vergohrenen Maische:

Saccharometer	2·0°	
Zuckerwerth	1·617	pCt.
davon als Zucker	0·361	„
Z : D = 1	3·48	„
Alkoholausbeute Volumen-pCt. des Maischraumes	7·65	„

Die Gährung verlief nach den Angaben des Brennereibesitzers normal. Trotzdem war die Alkoholausbeute mit 7·65 Vol. pCt. nicht zur Befriedigung des Besitzers, welcher angab, im Durchschnitt eine höhere Ausbeute zu erhalten (über 8 pCt.); da das Oxymeter mit 4·4° einen hohen Säuregehalt der vergohrenen Maische anzeigte und auf den Zusammenhang von Säuerung und Richtung der Gährung (Reinlichkeit) später noch oft hingewiesen werden soll, erscheint dieses Verhalten begreiflich.

3. Versuch mit dem Bohm'schen Apparat zu Belgershain b. Leipzig. 30. Januar 1874.

Auf 3770 Liter Maischraum wurden 2550 Kilo Kartoffeln eingemaischt, zum Verzuckern fügte man 75 Kilo Gerstenmalz und 35 Kilo Hafermalz zu; die Hefe wurde aus 65 Kilo Grünmalz und 5 Kilo Roggenschrot bereitet. Die Kartoffeln zeigten ein specifisches Gewicht von 1·123 = 24¼ pCt. Stärkemehl.

Die Probe enthielt ca. 2 pCt. von der Trockenfäule befallene Knollen. Die Hefe wird nach den Angaben des Brennereibesitzers in 2 Gefäßen bereitet und ist die sogenannte Livonius'sche Doppelhefe; die dazu mit verwendeten 60 Liter Maische werden sofort nach erfolgter Verzuckerung aus dem Apparat entnommen. Der Malzzusatz, welcher bei dem vorliegenden Versuche 110 Kilo betrug, ist versuchsweise auf 90 Kilo pro Bottich erniedrigt gewesen. Hierbei wurde allerdings der Zuckergehalt der Maische nicht wesentlich vermindert, indessen schien doch die Gährung eine weniger kräftige zu sein, weßhalb man zu dem frühern hohen Malzzusatz zurückgekehrt ist.

Analytische Daten.

In der süßen Maische vor Hefezusatz:		
Saccharometerangabe	20·6°	
Zuckerwerth	19·56	pCt.
als Zucker vorhanden	9·60	„
Z : D = 1	1·04	
Gelöster Stärkewerth im Liter	187·0	Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	6·92	„
Procent der Stärke unaufgeschlossen	3·57	pCt.
In der Maische nach Hefezusatz:		
Saccharometerangabe	19¼°	
Anstelltemperatur	13½° R.	
In der vergohrenen Maische:		
Saccharometerangabe	1·4°	
Zuckerwerth	0·844	pCt.
als Zucker vorhanden	0·325	„
Z : D = 1	1·60	
Höchste Temperatur	28° R.	
Erwärmung	14½° R.	
Alkoholausbeute Vol.-pCt. des Maischraums	9·08	pCt.

Die Gährung verlief normal und kräftig ohne jede Störung.

4. Versuche über die Aufschließung von Mais im Bohm'schen Apparat zu Belgershain. 14. September 1874.

1000 Kilo Maismehl von ziemlich feinem Korn (wie bei den Trothaer Versuchen) wurden im Bohm'schen Apparat bis zu 3 Atmosphären Spannung gekocht und auf dieser Höhe eine Stunde gehalten. Zur Verzuckerung und Hefebereitung diente das aus 150 Kilo Gerste gewonnene Malz als Grünmalz. Es gaben 1000 Grm. süßer Maische hierbei 66·85 Grm. Rückstand von 27·35 pCt. Stärkemehl = 20·19 Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen in Liter.

Analytische Daten.

Saccharometerangabe	20·2°	
Zuckergehalt	20	pCt.

Stärkewerth gelöst im Liter	185·53 Grm.
Stärkewerth unaufgeschlossen	20·19 „
Procent der Stärke unaufgeschlossen . . .	9·82 „

IV. Versuche mit dem Henze'schen Apparat.

I. Versuch zu Otterwisch b. Leipzig am 30. Januar 1874.

Die Brennerei zu Otterwisch gehört demselben Besitzer, Herrn Bake zu Belgershain, wie diejenige zu Belgershain (Bohm'scher Apparat). Es ist einer aufopfernden Gefälligkeit dieses Herrn zu danken, daß bei dem vorliegenden Versuch mit dem Henze'schen Apparat Kartoffeln, von derselben Breite geerntet, verarbeitet wurden, als bei Versuch III des vorliegenden Abschnitts mit dem Bohm'schen Apparat. Es muß mit speciellem Dank anerkannt werden, daß hierdurch ein exacter Vergleich über die Leistungsfähigkeit des Bohm'schen und Henze'schen Apparates ermöglicht wurde; daß dieser Vergleich nicht zum Vortheil des Henze'schen Apparates ausfällt, lehren die nachstehenden Zahlen.

Auf einen Maischraum von 2072 Litern wurden 1450 Kilo Kartoffeln mit 50 Kilo Gerstengrünmalz und 20 Kilo Hafergrünmalz zum Verzuckern und 35 Kilo Gerstengrünmalz und 2 Kilo Roggenschrot zur Hefe eingemaischt. Der Dampfdruck im Henze'schen Apparat war während des Dämpfens und Abblasens 28 Pfd. in maximo °, 21 Pfd. in minimo.

Bezüglich des Malzzusatzes bemerkt Herr Bake: „Es ist durch vielfache Versuche dargethan, daß wenn Malz nicht successive, sondern zu Ende der Maischung und nachdem die entsprechende Abkühlung erfolgt war, zugesetzt wurde — nur eine minder gute Verzuckerung zu erreichen war. Die Maische hatte in diesem Falle durchschnittlich 1° weniger Zucker, und erst ein Malzzusatz von ca. 7 Pfd. auf den Ctr. Kartoffeln konnte einen Ausgleich ungefähr herbeiführen."

Analytische Daten.

In der süßen Maische vor Hefezusatz.

Saccharometer-Angabe	21·8 °
Zuckerwerth	20·65 pCt.
Als Zucker vorhanden	9·52 pCt.
Z : D = 1 :	1·17
Gelöster Stärkewerth im Liter . . .	198·2 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke im Liter . .	9·44 Grm.
pCt. der Stärke unaufgeschlossen . . .	4·55 pCt.

In der Maische nach Hefezusatz.

Saccharometer-Angabe	20 °
Anstell-Temperatur	13 ° R.

In der vergohrenen Maische.

Saccharometer-Angabe	2·3 °
Oxymeter	2·5 °

Zuckerwerth	1·956 pCt.
Davon als Zucker vorhanden	0·582 pCt.
Z : D	2·36
Höchste Temperatur	25 ° R.
Erwärmung	12 ° R.
Alkoholausbeute Vol.-pCt. des Raumes	7·89 pCt.

Wenn man die Hauptzahlen der Versuche von Belgershain (Bohm) und Otterwisch (Henze) nebeneinanderstellt, so erhält man folgende Uebersicht:

	Bohm'scher Apparat zu Belgershain.	Henze'scher Apparat zu Otterwisch.
Erwärmung	14½	12 °
Vergährung	1·4	2·3 °
Reinlichkeitskoeffizient	87·4	77·3
1 Kilo Stärke = Alkohol	57·8	47·8 Liter-pCt.
Von der theoretischen Ausbeute wurde erreicht	80·6	66·7 pCt.

Dieses für den Henze'schen Apparat sehr ungünstige Resultat, aus welchem übrigens nicht ohne weitere Motivirung Schlüsse zu Ungunsten desselben gezogen werden dürfen, wird allerdings durch die praktischen Resultate der beiden Brennereien bestätigt. Herr Bake theilte dem Referenten auf seine diesbezügliche Anfrage mit, daß in der Brennerei zu Otterwisch aus gleichen Materialien bei gleich starker Einmaischung ¾—1 Vol.-pCt. Alkohol weniger gezogen würde. Der Aufgabe der Diskussion der Versuchs-Resultate muß es vorbehalten bleiben, in dieser Frage zu urtheilen.

II. Versuch zu Emersleben bei Halberstadt am 9. Februar 1874.

Auf einen Maischraum von 3598 Litern wurden 2320 Kilo Kartoffeln (ungewaschen) eingemaischt. Die Kartoffeln besaßen ein spezifisches Gewicht von 1·104 = 19·58 pCt. Stärkemehl. Sie waren von der Trockenfäule ziemlich stark befallen, indem von 75 Kartoffeln der übersandten Probe 23 = 30·7 pCt., einzelne allerdings nur sehr schwach, andere etwas stärker von der Trockenfäule ergriffen waren. Zum Verzuckern wurden auf obiges Quantum Kartoffeln 220 Kilo Grünmalz, zur Hefe 75 Kilo Grünmalz verwendet — oder nach den Angaben der Brennerei 190 Kilo Gerste zu beiden. Die Ausführung der Operationen des Versuchs geschah derart, daß vor Beginn des Maischens 2 Schaufeln voll Grünmalz in den Vormaischbottich geworfen wurden, um den Gang des Rührwerks, welches, aus hohlen Kupferschlangen bestehend, zugleich auch zur Kühlung bis auf die Maischtemperatur diente, möglichst zu erleichtern. Nach Abblasen des Dampffasses, welche Operation 25 Minuten dauerte, genügten 40 Minuten, um die Maische von 70° auf 54° zu bringen — alsdann wurde das Malz zugesetzt und 1 Stunde zur Verzuckerung stehen gelassen.

Analytische Daten.

In der süßen Maische vor Hefezusatz.

Saccharometer-Angabe	22·1
Zuckerwerth	20·72
Als Zucker vorhanden	9·89
Z : D = 1	1·10
Gelöster Stärkewerth im Liter	198·0 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	12·17 Grm.
pCt. der Stärke unaufgeschlossen	5·79 pCt.

In der Maische nach Hefezusatz.

Saccharometer-Angabe	17°
Anstell-Temperatur	13° R.

In der vergohrenen Maische.

Saccharometer-Angabe	1·7°
Zuckerwerth	1·058 pCt.
Als Zuckerwerth vorhanden	0·260 pCt.
Z : D = 1	3·07
Höchste Temperatur	26° R.
Erwärmung	13° R.
Alkoholausbeute Vol.-pCt. d. Maischraums	8·26 pCt.

Ueber den Verlauf der Gährung geben die nachstehenden Temperatur-Beobachtungen Aufschluß; es fand statt eine Erwärmung

nach	8	Stunden von	1° R.
„	16	„ „	4½° R.
„	24	„ „	6° R.
„	32	„ „	10° R.
„	40	„ „	13° R.

III und IV. Versuche über die Aufschließung der Stärke zu Emersleben am 1. und 13. November 1873.

Die Kartoffeln beider Versuche waren von der Trockenfäule nicht unerheblich befallen, jedoch diejenigen von Versuch III weniger als diejenigen von Versuch IV indem sich in der übersandten Probe von

III 95 Stück = 13 Stück = 13·7 pCt. kranke
77 „ = 16 „ = 20·8 „ „

zum Theil allerdings nur an sehr kleinen Stellen von der Trockenfäule ergriffen vorfanden.

Es besaßen die Kartoffeln von:

III 1·126 spez. Gew. = 24·34 pCt. Stärkemehl
IV 1·113 „ „ = 21·52 „ „

Malzverbrauch und Operationen waren dieselben wie bei dem Versuch II.

Analytische Daten.

	III.	IV.
Saccharometer-Angabe	21·6	21·4°
Zuckerwerth	20·3	20·05 pCt.
Stärkewerth gelöst im Liter	194·49	191·75 Grm.
Stärke unaufgeschlossen im Liter	9·32	9·97 Grm.
pCt. der Stärke unaufgeschl.	4·57	4·90 pCt.

V. Versuch zu Röderhof bei Halberstadt am 11. Februar 1874.

Es wurden auf einen Raum von 3883 Litern 2950 Kilo Kartoffeln bemaischt, die letzteren hatten einen Stärkemehlgehalt von 21 pCt. und enthielten ungefähr 10 pCt. sehr schwach von der Trockenfäule befallene Knollen. Zum Verzuckern wurden 195 Kilo Grünmalz (aus 130 Kilo Gerste), zur Hefe 78¾ Kilo Grünmalz (aus 52·5 Kilo Gerste) verwendet. Beim Auswaschen und Gewinnen des unlöslichen Rückstandes aus der süßen Maische zeigte es sich, daß in Folge der sehr mangelhaften Arbeit der Malzquetsche ein großer Theil der Malzkörner vollkommen unangegriffen war; daraus erklärt sich auch die dem Henze'schen Verfahren als solchem nicht zur Last zu legende, sehr schlechte Aufschließung der Stärke des vorliegenden Versuchs.

Analytische Daten.

In der süßen Maische vor Hefezusatz.

Saccharometer-Angabe	22·2°
Zuckerwerth	21·39 pCt.
Als Zucker vorhanden	10·55 pCt.
Z : D = 1 :	1·03
Gelöster Stärkewerth im Liter	203·9 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	19·73 Grm.
pCt. der Stärke unaufgeschlossen	8·82 pCt.

In der Maische nach Hefezusatz.

Saccharometer-Angabe	19·5°
Anstelltemperatur	17° R.

Die hohe Anstelltemperatur erklärt sich aus dem Wassermangel des abnorm trockenen Jahres 1873/74 und der Unmöglichkeit, mittelst des vorhandenen Röhrenkühlers niedrigere Temperaturen zu erreichen.

In der vergohrenen Maische.

Saccharometer-Angabe	2·1°
Oxymeter	3·0°
Zuckerwerth	1·514 pCt.
Als Zucker vorhanden	0·655 pCt.
Z : D = 1 :	1·31
Alkoholausbeute Vol.-pCt. des Maischraums	9·68 pCt.

VI. Versuch zu Merzien bei Cöthen am 18. Juni 1873.

Die Ausführung des Henze'schen Verfahrens gestaltet sich so, daß in dem mit Wandkühlung versehenen Vormaischbottich $\frac{1}{4}$ des Malzes mit 7—8 Centim. Wasser gebracht wird, alsdann bläst man aus dem Henze'schen Dämpfer ungefähr 4 Cm. Kartoffelmasse hinzu, wodurch sich die Temperatur bis auf 48° R. erhöht; dann wird der Rest des Malzes zugefügt und ordentlich durchgerührt, die Temperatur fällt dadurch auf 47° R.; dann wird wieder Kartoffelmasse zugeblasen bis zu $\frac{3}{4}$ des Maischraumes, abgekühlt und endlich der Rest zugesetzt. Zur Verzuckerung läßt man 1 Stunde stehen. Der Beginn des Abblasens bei dieser Art zu operiren war 9 U. 50 M., das Ende 10 U. 40 M.

Analytische Daten.

Saccharometer-Angabe	20·3°
Zuckergehalt (Z + D)	19·07 pCt.
Gelöster Stärkewerth p. Liter	180·88 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	14·18 Grm.
pCt. der Stärke unaufgeschlossen . . .	7·27 pCt.

Die mangelhafte Aufschließung des Stärkemehls ist wohl mit in der vorgerückten Jahreszeit begründet.

VII. Versuch zu Schlanstedt am 30. Oktober 1873.

Auf 4600 Liter Maischraum waren eingemaischt:

2750 Kilo Kartoffeln,
250 „ Melasse,
315 „ Grünmalz = 210 Kilo Gerste (zur Verzuckerung und zur Hefe).

Analytische Daten.

Saccharometer-Angabe.	23·3°
Zuckergehalt	20·0 pCt. *)
Gelöster Stärkewerth im Liter . .	192·45 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	10·22 Grm.
pCt. des Stärkewerths unaufgeschl.	5·04 pCt.

*) Berechnet im Verhältniß zur Saccharometer-Angabe; relativ niedriger als in reiner Kartoffelmaische wegen des Salzgehaltes der Melasse angenommen.

Da ein Theil des Stärkewerthes von der Melasse herrührte, stellt sich die Aufschließung des Stärkemehls in den Kartoffeln und dem Malz noch etwas ungünstiger. Diese Rechnung ist freilich nur annähernd auszuführen, da die Analyse der einzelnen Maischmaterialien nicht vorliegt. Es würden enthalten sein in:

2750	Kilo	Kartoffeln	zu 20	pCt.	= 550·0	Kilo Stärke
250	„	Melasse	„ 50	„	= 125·0	„ „
315	„	Grünmalz	„ 40	„	= 126·0	„ „
					Summa 801·0	Kilo Stärke

d. h. es würden 84·4 pCt. des Stärkewerths der Maische von Kartoffeln und

Malz stammen und auf diese Menge die unaufgeschlossen gebliebene Stärke zu beziehen sein, dieses würde ergeben, daß nicht 5·04, sondern

5·97 pCt. der Stärke der Kartoffeln und des Malzes

unaufgeschlossen geblieben sind.

VIII. und IX. Versuch zu Ermsleben am 23. November 1873 und 1. November 1873.

Die zu dem Versuch dienenden Kartoffeln enthielten 24 pCt. Stärkemehl.

Analytische Daten.

	VIII.	IX.
Saccharometer-Angabe	18·4	19·7°
Zuckerwerth	17·98	18·5 pCt.
Davon als Zucker vorhanden . . .	8·98	—
Z : D = 1 :	1·00	—
Gelöster Stärkewerth im Liter . .	171·60	176·00 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	6·62	10·22 Grm.
pCt. der Stärke unaufgeschlossen . .	3·74	5·49
Vergährung	1·9°	—

X. Versuch zu Nedlitz, Oktober 1875.

In der Brennerei des Herrn Amtsrath Bodenstein zu Nedlitz, in welcher die in dieser Arbeit zuerst aufgeführten Versuche nach dem alten Verfahren angestellt sind, ist inzwischen der Henze'sche Apparat zur Aufstellung gekommen; jedoch nicht in der gewöhnlichen Anordnung, sondern mit der Veränderung, daß die Quetschwalzen des alten Verfahrens beibehalten und die Kartoffelmasse aus dem Henze-Dämpfer auf die schnell rotirenden Walzen geblasen wird. Hierdurch beabsichtigt Herr Bodenstein die in jeder nach Henze bereiteten Maische in größerer oder geringerer Anzahl vorkommenden Kartoffelstücke, welche sich der Auflösung im Verzuckerungsprozeß entziehen, zu zerdrücken und so besser für die Lösung vorzubereiten. Bemerkenswerth ist an der Anordnung des Henze'schen Apparates zu Nedlitz außerdem noch, daß ein Vormaischbottich mit Wasserkühlung nicht vorhanden ist und auch nicht gebraucht wird. Durch langsames Auslassen der Kartoffelmasse, durch das Zerdrücken derselben auf den Quetschwalzen, durch öfteres Einhalten der Operation des Zublasens und durch Rühren der Maische im Vormaischbottich ist man sehr wohl im Stande, die richtige Temperatur ohne den Vormaischbottich mit Wasserkühlung einzuhalten. Zeit kosten freilich diese Operationen; sie würden für einen größeren Betrieb, wenn öfter als zweimal gemaischt werden soll, nicht durchführbar sein; für kleinere Brennereien, welche sich vor durchgreifenden Aenderungen scheuen, ist aber die Bodenstein'sche Modifikation des Henze'schen Verfahrens als sehr beachtenswerth zu bezeichnen — sie erfordert eben nichts als die Aufstellung eines kleinen eisernen Dämpfers, der sogar nicht einmal Kartoffeln für eine ganze Maischung zu fassen braucht, sondern für jede Maischung zweimal gefüllt werden kann, wie dieses auch von Herrn Bodenstein ausgeübt wird.

Kilo unaufgeschlossene =	
29·	
30·	
32·	
38·	
39·7	
57·7	
41·4	
43·8	
33·2	
37·8	
20·3	
60·7	
66·9	
64·4	
17·4	
57·7	
20·7	
45·8	
18·1	
17·5	
11·2	
13·4	
20·4	
15·1	
35·28	
64·35	
19·27	
23·62	
43·33	
39·87	

Tabelle Nr. I.

	Vol. der süßen Maische. Liter.	Unlöslicher Rückstand in 1 Liter süßer Maische. Grm.	= Gr.	Unlöslicher Rückstand in der süßen Maische (ohne Hefe). Summa = Liter.	1 Liter süße Maische = Gr. Flüssigkeit.	In der Flüssigkeit der süßen Maische. Saccharom.	= Spec. Gewicht.	Flüssigkeit im Liter süße Maische. Grm.	Darin Zuckerwerth. pCt.	Zuckerwerth im Liter süße Maische. Grm.	= Stärkewerth. Grm.	Stärkewerth gelöst in der süßen Maische. Kilo.	Unaufgeschlossene Stärke im Liter süße Maische. Grm.	= Kilo unaufgeschlossene Stärke. Summa.	Summa Stärkewerth in der süßen Maische. Kilo.	Zur Hefe verwendet (D.M. = Darrmalz, Gr.M. = Grünmalz). Kilo.	Darin Stärkewerth. Kilo.	Insgesammt eingemaischt Tr. M. Kilo.	Vergohrene Maische. Liter.	Darin unlösl. Rückstand. Liter.	Flüssigkeit der vergohrenen Maische. Liter.	Darin Saccharometer. o.	= Spec. Gewicht.	Flüssigkeit der vergohrenen Maische. Kilo.	Darin Zuckerwerth. pCt.	= Stärkewerth. pCt.	Stärkewerth unvergohren. Kilo.
Altes Verfahren.																										
Nedlitz I. Kartoffeln und Grünmalz . .	3004	50·5	33·7	101·2	966·3	22·75	1·0948	1057·9	22·28	235·70	212·13	637·24	9·853	29·60	666·84	29·5 D.M. 42·5 Gr.M.	24·86	691·70	3642	104·5	3537·5	5·75	1·0230	3618·9	4·249	3·824	138·39
„ II. „ „ „ . .	2930·6	51·4	34·3	101·5	965·7	22·25	1·0930	1055·5	22·33	235·69	212·12	620·64	10·480	30·70	651·34	„	24·86	676·20	3502	104·8	3397·2	3·25	1·0130	3441·4	3·020	2·718	93·54
„ III. „ „ „ . .	2924	49·1	32·7	95·6	967·3	23·25	1·0979	1062·0	20·96	222·60	200·34	585·80	11·121	32·52	618·32	30·0 D.M. 43·5 Gr.M.	25·35	643·67	3591	99·1	3491·6	3·75	1·0144	3541·9	2·840	2·560	90·77
Hohenziatz „ „ „ . .	2845	73·4	49·0	139·4	951·0	24·00	1·1020	1048·0	21·23	222·49	200·24	569·68	12·255	38·87	604·55	75 „	18·00	622·55	3269	142·5	3126·5	4·00	1·0160	3176·5	3·900	3·510	111·50
Möckern „ „ „ . .	2636	60·1	40·1	105·7	959·9	24·25	1·1020	1057·8	21·25	224·78	200·30	527·91	14·562	39·79	567·70	58 „	15·08	582·78	3255	108·7	3146·7	6·25	1·0250	3225·4	5·570	5·010	161·59
Hellefreund'sches Verfahren.																										
Tretha I. Oct. 72. Kart. und Gr.-Malz .	3499	44·4	29·6	103·6	970·4	20·20	1·0837	1051·6	18·35	193·04	173·74	607·92	15·65	57·76	662·68	85 „	22·10	684·78	3864	107·7	3756·3	1·40	1·0056	3777·3	1·320	1·188	44·87
„ II. „ „ „ „ „ .	3489	32·7	21·8	75·5	978·2	20·30	1·0845	1060·9	19·05	201·84	181·66	633·83	11·87	41·41	675·24	85 „	22·10	697·34	3866	79·6	3786·4	0·85	1·0034	3799·3	1·323	1·191	45·25
„ III. „ „ „ „ „ .	3070	34·2	22·8	76·3	977·2	18·50	1·0766	1050·0	17·40	182·70	164·40	504·70	14·27	43·80	548·5	75 „	19·50	568·00	3356	76·3	3279·7	1·50	1·0059	3299·0	1·494	1·345	44·37
I. Jan. 73. „ „ „ .	3722	35·7	23·8	88·6	976·2	22·50	1·0945	1068·5	21·46	229·30	206·37	768·1	8·94	33·27	801·4	85 „	22·10	823·5	3968	92·7	3875·3	1·75	1·0070	3902·4	1·840	1·656	64·62
II. „ „ „ „ „ .	3861	38·6	25·7	99·2	974·3	23·60	1·0995	1071·2	22·81	244·30	219·90	849·0	9·81	37·87	886·9	85 „	22·10	909·0	4107	103·3	4003·7	1·18	1·0047	4022·5	1·930	1·737	69·87
„ Nov. 73. „ „ „ .	2954	26·8	17·9	52·9	982·1	20·40	1·0851	1065·7	19·15	204·10	183·70	542·6	6·90	20·38	562·98	75 „	19·50	582·48	3360	55·9	3304·1	2·80	1·0112	3341·1	0·935	0·842	28·13
„ März 74.	3483·2	45·7	30·5	106·2	969·5	23·50	1·0992	1065·7	22·55	240·30	216·30	753·4	17·45	60·78	814·18	85 „	22·10	(836·28) 786·95	3941	103·2	3837·5	2·80	1·0112	3879·7	1·410	1·269	49·23
„ Mais	3694·7	66·0	44·0	162·6	956·0	19·60	1·0815	1033·9	19·45	201·10	181·0	668·7	18·10	66·90	735·60	85 „	22·10	(757·7) 693·4	4099	156·6	3942·8	0·3	1·0012	3947·5	1·390	1·251	49·38
„ Mais und Kartoffeln	3381·0	55·1	36·7	124·1	963·3	22·10	1·0930	1052·9	21·90	230·60	207·5	701·6	19·34	64·49	766·09	85 „	22·10	788·2	4047	127·6	3919·4	1·9	1·0080	3950·8	1·234	1·111	43·89
Zabitz I. Kart. und Gr.-Malz	3415·2	28·7	19·1	65·2	980·9	20·50	1·0856	1064·9	19·83	211·17	190·05	649·06	5·01	17·41	666·47	50 D.M.	23·20	689·67	3740	68·7	3671·3	1·5	1·0060	3693·3	1·702	1·532	56·58
„ II. Mais „ „	3631·1	59·0	39·3	142·7	960·7	17·40	1·0716	1029·5	17·16	176·66	158·99	577·31	15·91	57·77	635·08	50 „	23·20	658·28	3906	146·2	3759·8	0·0	1·000	3759·8	1·755	1·580	59·40
„ III. Kart., Darr-Malz und Melasse .	(3600)	31·1	20·7	74·5	979·3	20·10	1·0838	1059·2	17·57	186·10	167·49	602·96	5·75	20·70	623·66	100 „	46·40	670·06 Kart. 590·40 Mel. 1260·46	7900	78·0	7822·0	4·9	1·0196	7975·3	2·514	2·263	179·48
Salzmünde Dec. 72. I. Kart. und Gr.-Malz	3742·0	39·7	26·5	99·16	973·5	19·80	1·0823	1053·6	17·92	188·81	169·93	635·88	12·25	45·84	681·72	20 Gr.M. 50 D.M.	28·60	710·32	3958	102·7	3855	2·2	1·0088	3888·9	1·321	1·189	46·24
„ „ „ II. „ „ „	3687·2	26·4	17·6	64·91	982·4	18·00	1·0744	1055·5	15·90	167·82	151·04	557·02	4·93	18·18	575·20	„	28·60	603·80	3914	68·4	3845·2	1·6	1·0064	3864·8	1·128	1·015	39·28
„ „ „ III. „ „ „	3659·2	27·6	18·4	67·32	981·6	19·00	1·0788	1059·0	17·58	186·17	167·55	613·01	4·79	17·53	630·63	„	28·60	659·23	3885	70·8	3814·1	1·7	1·0068	3840·0	1·199	1·079	41·44
Bohm'sches Verfahren.																										
Kleinhof Juni 73. Kart. und Gr.-Malz . .	1929	31·2	20·8	40·10	979·2	18·3	1·0757	1053·3	16·91	178·1	160·3	309·2	5·83	11·25	320·5	45 Gr.M.	11·70	332·20	2105	43·1	2061·9	2·2	1·0088	2080·0	1·420	1·278	26·58
Kötschau. Kart. und Gr.-Malz	1744	29·4	19·6	34·18	980·4	18·0	1·0740	1053·0	17·32	182·4	164·2	286·4	7·71	13·45	299·85	25 D.M. 5 Schrot	13·88	313·73	1980	36·7	1943·7	2·0	1·0080	1959·2	1·617	1·455	28·51
Belgershain	2959	31·5	21·0	62·14	979·0	20·6	1·0850	1062·2	19·56	207·8	187·0	553·3	6·92	20·48	573·78	65 Gr.M. 5 Schrot	18·98	592·76	3509	65·1	3443·9	1·4	1·0056	3463·2	0·844	0·760	26·32
Henze'sches Verfahren.																										
Otterwisch	1600	35·5	23·7	37·92	976·3	21·8	1·0920	1066·3	20·65	220·2	198·2	317·1	9·44	15·10	332·20	35 Gr.M. 2 Schrot	9·93	342·13	1850	40·4	1809·6	2·3	1·0092	1826·2	1·956	1·760	32·19
Emersleben	2899	41·8	27·9	80·90	972·1	22·1	1·0930	1061·9	20·72	220·0	198·0	574·0	12·17	35·28	609·28	75 Gr.M.	19·50	628·78	3443	83·9	3359	1·7	1·0068	3381·9	1·058	0·952	32·20
Röderhof	3261·5	47·0	31·4	102·40	968·6	22·2	1·0930	1058·7	21·39	226·5	203·9	665·0	19·73	64·35	729·35	52·5 Gerste	21·80	757·15	3737	105·5	3631	2·1	1·0084	3661·5	1·514	1·363	49·91
Versuche mit geriebenen Kartoffeln.																										
Benkendorf 15. Mai 73.	3485	26·70	17·8	62·0	982·2	17·3	1·0714	1052·3	16·66	175·3	157·8	549·9	5·53	19·27	569·2	55 D.M.	25·7	594·9	3686	65·5	3620	1·6	1·0064	3643·2	1·475	1·328	48·38
Tretha 9. Nov. 73.	2927	32·3	21·5	62·9	978·5	21·3	1·0900	1066·6	19·60	209·1	188·2	550·9	8·07	23·62	574·5	75 Gr.M.	19·5	593·98	3291	65·9	3225	1·5	1·0060	3244·5	0·656	0·590	19·14
„ I. ohne Druck gedämpft	3531	48·4	32·3	114·1	968·7	24·5	1·1035	1069·0	22·63	241·9	217·7	768·7	12·27	43·33	812·03	75 „	19·5	831·53	3777	117·0	3660·0	4·3	1·0172	3723·0	3·480	3·130	116·53
„ II. „ „ „	2848	46·3	30·9	88·0	969·1	24·2	1·1020	1067·9	22·26	237·7	213·9	609·1	14·00	39·87	648·97	75 „	19·5	668·47	3274	91·0	3182·5	5·1	1·0204	3247·4	3·600	3·510	113·98

Analytische Daten.

Saccharometer-Angabe	20°
Zuckerwerth	18·51 pCt.
Gelöster Stärkewerth im Liter	176·78 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke	5·69 Grm.
pCt. der Stärke unaufgeschlossen . . .	3·12 pCt.

Dieses Resultat muß ein sehr günstiges genannt werden, es kommt den allerbesten Resultaten nach Hollefreund, Bohm und selbst Ellenberger gleich. Freilich muß dahingestellt bleiben, ob dasselbe auch unter ungünstigeren Verhältnissen, bei trockenfaulen Kartoffeln ꝛc. verhältnißmäßig ebenso günstig ausfällt.

Um die Arbeit der vortrefflich konstruirten und gehandhabten Malzquetsche zu Nedlitz zu kontroliren, unterzog sich der Berichterstatter der Mühe, alle unaufgeschlossenen Gersten-, resp. Malzkörner aus der Maische auszulesen und in denselben den Stärkemehlgehalt zu bestimmen. Hierbei gaben 1000 Grm. Maische nicht mehr als 1·587 Grm. Gerstenkörner, die zum Theil aber „angezuckert" waren, wie die Stärkemehlbestimmung mit 27·81 pCt. Stärkemehlgehalt bewies. In 1000 Grm. Maische würden daher nicht mehr als 0·4433 Grm. Gerstenstärke oder in dem 1092·8 Grm. wiegenden Liter 0·4844 Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen enthalten gewesen sein.

Da in Nedlitz auf rund 3000 Liter süße Maische (vor Hefezusatz) 156 Kilo Grünmalz (à 40 pCt. Stärke) verwendet werden, so würden von 62 Kilo Stärkemehl des Malzes nur 1·45 Kilo unaufgeschlossen geblieben sein, d. h. nicht mehr als 2·34 pCt. der Malzstärke. Es folgt daraus, daß man die durch mangelhafte Aufschließung entstehenden Verluste an Malzstärke, durch passende Konstruktion und Handhabung der Malzquetsche auf ein Minimum reduziren kann.

Nach Abrechnung der in dem ungelösten Malz enthaltenen Stärkemengen würde sich die Aufschließung des Stärkemehls bei dem vorstehenden Versuche bis auf 2·85 pCt. der Gesammtstärke stellen.

XI. und XII. Versuche nach dem von Lwowski zu Halle a. S. modifizirten Henze'schen Verfahren.

Der Umstand, daß sich bei dem Henze'schen Verfahren immer noch gewisse Mengen des Stärkemehls der Kartoffeln der Auflösung entzogen, sowie das Bestreben, das an und für sich vortreffliche Henze'sche Verfahren für die Verarbeitung von Körnern, in specie von Mais auf Spiritus anwendbar zu machen. hat Veranlassung gegeben, das Ellenberger'sche Verfahren einzuführen. Dieses besteht bekanntlich, so weit es neu ist, in einem „Holländer," welchen man in einem ovalen Vormaischbottich angebracht hat — die aus einem Henze'schen Dämpfer ausgeblasene Kartoffel- oder Maismasse wird durch diese Vorrichtung außerordentlich gut zerkleinert und es resultirt in der That eine so feine und stückenfreie Maische, wie sie durch kein einziges der übrigen Verfahren hergestellt wird. Außerdem dient derselbe Apparat dazu, das Malz vor dem Ausblasen der Kartoffelmasse zu einer feinen Milch zu zerreiben und es wird von den Erfindern

des Ellenberger'schen Apparates behauptet, daß man in Folge dessen eine bedeutende Malzersparniß eintreten lassen könne. So groß auch die Vorzüge des Ellenberger'schen Verfahrens sonst sein mögen, so war dasselbe von einigen Vorwürfen nicht frei, welche zu einer Modifikation desselben aufforderten. Der eine dieser Vorwürfe bestand in der Umständlichkeit der Einrichtung des Verfahrens. Der Henze'sche Apparat ist derjenige, welcher wegen seiner Einfachheit die weiteste Verbreitung gefunden hat; es wäre nun im höchsten Grade wünschenswerth, die Zerkleinerungsvorrichtung des Ellenberger'schen Apparates den bestehenden Einrichtungen des Henze'schen Verfahrens hinzuzufügen, ohne wesentliche Veränderungen treffen zu müssen. Bei der Konstruktion des Ellenberger'schen Apparates ist dieses unmöglich; derselbe erfordert einen ovalen, eigenartig konstruirten Vormaischbottich, in einem runden Vormaischbottich ist aber der spezifische Theil des Ellenberger'schen Apparates, „der Holländer", nicht anzubringen.

Außerdem wird an dem Ellenberger'schen Apparate getadelt, daß die Maische in dem Holländer fortwährend mit großen Mengen von Luft durchgepeitscht, in Folge dessen mit Sauerstoff gesättigt und dadurch in Verhältnisse gebracht werde, welche wohl einem schnellen und kräftigen Hefewachsthum, nicht aber der Erzeugung von möglichst großen Alkoholmengen günstig seien. Ob mit, ob ohne Berechtigung, kann der Verfasser nicht entscheiden, aber es wird von manchen Seiten bei dem Ellenberger'schen Apparat über Unregelmäßigkeiten der Gährung geklagt, welche sehr wohl in Berührung der Maische mit Sauerstoff begründet sein können.

Vorstehende Bedenken waren es, welche Lwowski veranlaßten, den Ellenberger'schen Apparat zu modifiziren, und an Stelle des Holländers eine flache Stahlmühle zu konstruiren, welche einerseits den Vortheil hat, daß sie in jedem beliebigen runden Vormaischbottich — an der tiefsten Stelle — anzubringen ist und daß sie ihre Arbeit bei vollkommenem Luftabschluß, indem sie in der Maische und vollkommen erfüllt mit Maische wirkt, vollzieht. Wenn es möglich war, mit dieser „Mühle" eine ebenso gute Zerkleinerung wie mit dem Ellenberger'schen Holländer zu erreichen, dann hat die Lwowski'sche Modifikation ihrer Einfachheit halber, mit der sie sich den bestehenden Einrichtungen anlehnt und auch ihrer Billigkeit halber gute Aussichten für Erfolge in der Praxis.

Zur Prüfung des Verfahrens wurden 2 Versuche ausgeführt.

XI. Versuch mit Kartoffeln am 16. Juli 1876.

Das Material zu dem Versuch war bei der vorgerückten Jahreszeit im höchsten Grade mangelhaft; gekeimte, vertrocknete, verschrumpfte Kartoffeln bildeten die Hauptmasse desselben und erhöhten die Schwierigkeit der Verarbeitung; dazu kam, daß bei den Versuchen, welche in den Lokalitäten der Lwowski'schen Fabrik ausgeführt wurden, eine eigentliche Malzquetsche nicht vorhanden war, sondern das Malz auf einer zum Zerkleinern von Lehm konstruirten, mit der Hand betriebenen Quetsche zerkleinert wurde.

In den Henze'schen Dämpfer wurden 437·5 Kilo Kartoffeln eingewogen,

gedämpft wurde eine Stunde lang bis zu 2 Atmosphären Druck. Zu der ausgeblasenen Kartoffelmasse setzte man im Vormaischbottich 20 Kilo Grünmalz = 4·6 pCt. und ließ die Mühle ½ Stunde lang arbeiten. Mit Ausnahme einer allerdings nicht geringen Anzahl von Malzkörnern waren in der Maische nach dieser Zeit keine Stücken mit unaufgeschlossener Stärke zu beobachten, die Maische war dünnflüssig und „klar." Die Aufschließung des Stärkemehls gestaltete sich folgendermaßen:

Saccharometer-Angabe	17·0°
Zuckerwerth	16·03 pCt.
Stärkewerth p. Liter gelöst	151·55 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke p. Liter	5·97 Grm.
pCt. der Stärke unaufgeschlossen	3·79 pCt.

In Anbetracht der vorgerückten Jahreszeit und der mangelhaften Arbeit der Malzquetsche muß dieses Resultat sehr günstig genannt werden.

XII. Versuch mit Mais am 17. Juli 1876.

Am 16. Juli Abends wurden 200 Kilo Mais unzerkleinert in den Henze'schen Dämpfer gefüllt, dort unter 3½ Atmosphären Dampfdruck gesetzt und mit dem Dampf die Nacht über stehen gelassen; am anderen Morgen 6 Uhr wurde die verlorene Dampfspannung wiedergegeben und gegen 8 Uhr die Masse ausgeblasen.

In dem Vormaischbottich befand sich ein Viertel des zur Verzuckerung bestimmten Grünmalzes, dieses Mal sorgfältiger gequetscht, mit etwa 200 Litern Wasser angerührt. Unter fortwährendem Gange der Mühle wurde nun der Mais zugeblasen. Derselbe verflüssigte sich dabei leicht und vollständig; durch Zusatz von kaltem Wasser zu der sehr dicken Maische und Wandkühlung von Außen wurde alsdann die Temperatur auf 56° R. erniedrigt und endlich der in Wasser eingemaischte Rest des Malzes zugesetzt.

Nach diesen Operationen arbeitete die Mühle noch ½ Stunde. Die ganzen Manipulationen verliefen sehr glatt ohne die geringste Störung; das Aussehen der Maische war sehr gut, vollkommen frei von Stücken und ungelösten Körnern.

Auf 200 Kilo Mais waren 37½ Kilo Grünmalz zugesetzt gewesen.

Analytische Daten.

Saccharometer-Angabe	14·8°
Zuckerwerth	14·68 pCt.
Gelöster Stärkewerth im Liter	136·78 Grm.
Unaufgeschlossene Stärke im Liter	6·56 Grm.
pCt. der Stärke unaufgeschlossen	4·58 pCt.

Die Aufschließung des Stärkemehls aus Mais ist somit eine sehr gute zu nennen.

Zur Uebersicht folgen nun zunächst die Tabellen I. u. II.

Tabelle Nr. II.

	Eingemaischt in Kartoffeln resp. Mais und Malz-Stärkewerth. Kilo.	In der Hefe Stärkewerth. Kilo.	Summa eingemaischt Stärkewerth. Kilo.	Ungelöst Stärkewerth. Kilo.	Vor der Gährung gelöster Stärkewerth. Kilo.	Unvergohrener Stärkewerth. Kilo.	Vergohrener Stärkewerth. Kilo.	Daraus berechnete Alkohol-Ausbeute (1 Kilo = 71·7 Lit.-Procent). Lit.-Proc.	Ertrag der Brennerei. Lit.-Proc.	Reinlichkeits-Koefficient der Gährung.	1 Kilo Stärke (der insgesammt eingemaischten) giebt Alkohol. Lit.-Proc.	Die Ausbeute betrug von der theoretischen. Proc.
Altes Verfahren.												
Nedlitz I (Kartoffeln)	666·84	24·86	691·70	29·60	622·10	138·39	523·71	37550	24106	64·2	34·9	48·7
„ II	651·34	24·86	676·20	30·70	645·50	93·54	551·96	39576	29103	73·6	43·0	60·0
„ III	618·32	25·35	643·67	32·52	611·15	90·77	520·38	37311	29155	78·2	45·3	63·0
Hohenziatz	604·55	18·00	622·55	38·87	583·68	111·50	472·18	33855	32600	96·3	52·4	72·9
Möckern	567·70	15·08	582·78	39·79	542·99	161·59	381·40	27346	23602	86·3	40·5	56·5
Hollefreund'sches Verfahren.												
Trotha I (Kartoffeln)	662·68	22·10	684·78	54·76	630·02	44·87	585·15	41955	36792	87·7	53·7	74·9
„ II	675·24	22·10	697·34	41·41	655·93	45·25	610·68	43787	38398	87·7	55·0	76·8
„ III	548·50	19·50	568·00	43·80	524·20	44·40	479·80	34402	30168	87·7	53·1	74·1
„ I (Jan. 73)	801·4	22·10	823·5	33·27	790·23	64·62	725·61	52026	39583	76·1	46·9	65·4
„ II	886·90	22·10	909·0	37·87	871·13	69·87	801·26	57450	42295	73·6	46·5	64·9
„ 10/11. 73	562·98	19·5	582·48	6·90	575·58	28·13	547·45	39252	29063	74·0	49·9	69·6
„ März 1874	—	—	786·95	(57·19)	729·76	49·23	680·53	48794	39469	80·9	50·2	70·0
„ Mais	—	—	693·40	(63·06)	630·34	49·38	580·96	41655	40792	97·9	58·8	82·0

Trotha, Kartoffeln und Mais . .	766·09	22·1	788·19	64·49	723·70	43·89	679·81	48742	40056	82·2	50·8	70·9
Zabitz I, Kartoffeln	666·47	23·2	689·67	17·41	672·26	56·58	615·68	44144	32762	74 2	47·5	66·4
„ II, Mais	635·08	23·2	658·28	57·77	600·51	59·40	541·11	38798	31659	81·7	48·1	67·9
„ III, Kartoffeln und Melasse .	—	—	1260·46	20·70	1239·76	179·48	1060·28	76022	68419	90·0	54·3	75·7
Salzmünde I (Kartoffeln) . . .	681·72	28·6	710·32	45·84	664·48	46·24	618 24	44328	32101	72·4	45·2	63·0
„ II	575·20	28·6	603·80	18·18	585·62	39·28	546·34	39173	29516	75·3	48·9	68·2
„ III	630·63	28·6	659·23	17·53	641·70	41·44	600·26	43039	32191	74·8	48·8	68·1
Bohm'sches Verfahren.												
Kleinhof (Kartoffeln)	320·5	11·7	332·20	11·25	320·95	26·58	294·37	21106	17600	83·4	53·0	73·9
Kötschau	299·85	13·88	313·73	13·45	300·28	28·51	271·77	19486	15892	81·6	50·7	70·7
Belzershain	573 78	18 98	592·76	20·48	572·28	26·32	545·96	39144	34?28	87·4	57·8	80·6
Henze'sches Verfahren.												
Otterwisch (Kartoffeln)	332·20	9·93	342·13	15·10	327·03	32·14	294·89	21144	16345	77·3	47·8	66·7
Emersleben	609·28	19·50	628·78	35·28	593 50	32·20	561 30	40245	29717	73·8	47 3	66·0
Röderhof	729·35	21·80	751·15	64·35	686·80	49·91	636·89	45665	37603	82·3	50·1	69·6
Versuche mit geriebenen Kartoffeln.												
Benkendorf	569·20	25 70	594·90	19·27	575·63	48 38	527·25	37804	28743	76·3	48·3	67·4
Trotha	574·48	19·50	593·98	8·07	585·91	19·14	566·77	40637	32854	80·8	55·3	77·1
„ I, ohne Druck gedämpft . .	812·03	19·50	831·53	43·33	788·20	116·53	671·67	48159	40118	83·3	48·2	67·2
„ II, „ „ „ . .	648·97	19·50	668·47	39·87	628·60	113·98	514·62	36898	28918	78·4	43·3	60·4

Discussion der Versuchsergebnisse.

Da die umfassenden, jahrelang fortgeführten Versuche zu dem Zwecke unternommen wurden, ein möglichst vollständiges Bild über den Stand des Betriebes der Spiritusfabrikation zu geben, so hat sich die nachstehende Discussion der Versuchsergebnisse eng an die einzelnen Vorgänge der Fabrikation anzuschließen. An jeder einzelnen Stelle wird versucht werden, die Leistungen der betreffenden Operation vergleichend festzustellen, um einerseits den Werth der verschiedenen Verfahren darzulegen, andererseits aber auch zu zeigen, wie große Verluste bei den einzelnen Operationen noch jetzt stattfinden, und wo Verbesserungen anzubringen sind.

Wenn man dem Gange des Betriebes folgen will, erhält man nachstehende Eintheilung für die Behandlung des Gegenstandes.

I. Proceß des Dämpfens der Maischmaterialien.

a) Mechanische Veränderungen des Stärkemehles beim Dämpfen nach verschiedenen Verfahren.
b) Chemische Veränderungen beim Dämpfen.

II. Proceß der Zuckerbildung aus dem Stärkemehl.

a) Bis zu welchem Grade gelingt es nach den verschiedenen Verfahren, die Stärke der Materialien zu verzuckern?
b) Chemismus des Verzuckerungsvorganges.
c) In welchem Verhältniß steht Saccharometerangabe und Zuckergehalt in verzuckerter Maische?

III. Proceß der Kühlung auf die Gährtemperatur und dabei eintretende chemische Veränderungen.

IV. Proceß der Gährung.

a) Rolle der Diastase bei der Gährung, Nachwirkung derselben.
b) Ueber den Einfluß der Säurebildung auf die Gährung.
c) Ueber die Reinlichkeit der Gährung.

I. Der Proceß des Dämpfens der Maischmaterialien.

a) Mechanische Veränderungen des Stärkemehls.

Stärkemehl, welches bei Siedehitze genügend Wasser vorfindet, erleidet den im gewöhnlichen Leben mit Verkleisterung bezeichneten Vorgang. Die festen, rundlichen oder ovalen Körner der Getreide- oder Kartoffelstärke quellen zu einer ansehnlichen Größe auf, werden hierdurch zu einer gallertartigen, leicht zertheilbaren Masse und sind in diesem Zustand besonders dazu disponirt, von verdünnten Säuren, Malzaufguß (Diastase) ꝛc. gelöst zu werden.

Für die best-erreichbare Wirkung des Dämpfungsvorganges ist es daher

wünschenswerth, daß dieser Zustand der Verkleisterung möglichst vollständig erreicht werde. Hierzu ist es aber nothwendig, daß eine chemische oder mechanische Zerstörung der die Stärke umschließenden Zellwandungen vorhergehe.

Daß eine solche bei dem neuen Verfahren von Hollefreund, Bohm und Henze eintritt, kann man schon aus den der Praxis entlehnten Angaben dieser Arbeit entnehmen. Einerseits ist nämlich die Auflösung des Stärkemehls nach den neuen Verfahren eine ungleich vollständigere als nach dem alten Verfahren, andererseits spricht aber der Umstand, daß man bei den neuen Verfahren eine viel kürzere Dauer des Verzuckerungsprocesses einhalten darf, dafür, daß die Stärke besser aufgequollen und bloßgelegt sei. Während man nach dem alten Verfahren durchschnittlich eine Verzuckerungsdauer von 2 Stunden einhielt und unter Umständen selbst bis zu 3 Stunden ging, kommt man nach den neueren Verfahren mit einer Verzuckerungsdauer von ½ Stunde reichlich aus, und kann selbst auf ¼ Stunde bis 20 Minuten herunter gehen. Mehr noch als diese Beobachtungen lehrt der Augenschein der nach dem alten oder den neueren Verfahren behandelten Stärke der Kartoffeln, daß dem wirklich so sei.

In den Abbildungen Fig. I—X der Tafel VIII hat der Berichterstatter versucht, ein Bild von den Veränderungen des Stärkemehls und der Kartoffelzelle beim Dämpfen zu entwerfen. Hiervon stellt dar:

Fig. I. Die Zellen einer ungekochten Kartoffel mit den specifischen Formen des Kartoffelstärkemehls.

Fig. II. Zellen derselben Kartoffeln nach ¼stündigem Kochen in Wasser. Die Stärkemehl-Körner sind im Quellen begriffen, zum Theil haben sie ihre typische Form schon verloren und beginnen unter Aufnahme des flüssigen Zellinhalts sich zu vergrößern, zum Theil — im Innern der Kartoffel — sind sie noch als Kartoffelstärke kenntlich.

Fig. III. Zellen einer Kartoffel, nach altem Verfahren ohne Druck in einem Dampffaß gedämpft, nach dem Quetschen durch Walzen. Die aufgequollene Stärke erfüllt die gesammte Zelle. Die Zellen sind nur zum kleineren Theil geplatzt und haben ihren Inhalt als verkleisterte Masse entleert, größtentheils sind die Zellwandungen unverletzt. Die Intercellularsubstanz scheint zum Theil gelöst zu sein.

Fig. IV und V. Zellen einer Kartoffel, bei 3 Atmosphären-Druck gedämpft, in einem Dampffaß alter Construction. Fig. IV vor, Fig. V nach dem Passiren der Quetschwalzen. Die Stärkemehlkörner sind vollständig gequollen, jedoch die Zellwandungen nicht gesprengt. Vor dem Passiren der Quetschwalzen hängen die einzelnen Zellen noch aneinander, der Zusammenhang muß jedoch ein sehr loser sein, da die gequetschte Kartoffelmasse aus einzelnen Zellen ohne Zusammenhang besteht, offenbar ist bei dem hohen Druck die Intercellularsubstanz vollständiger gelöst als in Fig. III.

Fig. VI. Aussehen einer Kartoffelmasse aus dem Hollefreund'schen Apparat (bei 2 Atmosphären unter Umrühren gedämpft). Die Zellen sind zum Theil ungesprengt, aber doch so mürbe, daß sie beim leisesten Anrühren

in Trümmer zerfallen. Es wollte dem Verfasser jedoch scheinen, als ob der Zerfall der Zellen nicht so vollständig, die entstehenden Trümmer noch gröber wären als bei VII.

Fig. VII. Kartoffelmasse aus dem Hollefreund'schen Apparat unter Druck von 2 Atmosphären gedämpft nach dem Evakuiren, Zellen beim Maceriren mit Wasser leicht zerfallend, das hierbei entstehende Trümmerwerk anscheinend feiner wie bei VI.

Fig. VIII dasselbe bei schwächerer Vergrößernng. Fig. IX und X gedämpfte und gequetschte Kartoffelmassen des alten Verfahrens bei schwächerer Vergrößerung, der Unterschied zu Ungunsten des alten Verfahrens ist nach Fig. VIII in die Augen fallend.

Die Abbildungen bedürfen kaum eines Commentars; sie zeigen deutlich die Vorzüge, welche die neuen Verfahren gegenüber dem alten bezüglich der Aufschließung der Stärke haben müssen. Während nach dem alten Verfahren die Zellen zum Theil noch aneinander hängen und noch mit ihren Wandungen versehen sind, ist der Zellinhalt der nach dem Hollefreund'schen Verfahren behandelten Kartoffelmasse, durch Zerreißen oder Lösen der Zellwandungen bloßgelegt und den Angriffen der Diastase geöffnet. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß danach die Lösung des Stärkemehls schneller und vollständiger geschehen muß. Hierbei kann es sich höchstens darum handeln, welches der neueren Verfahren diesen Zweck vollständiger erreicht.

Fig. VI zeigt uns eine Kartoffelmasse aus einem Hollefreund'schen Apparat vor dem Evacuiren entnommen, dieselbe würde in diesem Stadium mit derjenigen aus einem Bohm'schen Apparat identisch sein, bei welchem bekanntlich die Abkühlung durch Evacuiren durch eine Wasserkühlung ersetzt ist. Aus der Zeichnung scheint hervorzugehen, daß die Zertrümmerung der Stärke hierbei etwas weniger vollständig gewesen sei, als nach dem Evacuiren in demselben Apparat, so daß man versucht sein könnte, dem Evacuiren eine wesentliche Rolle für die feinere Zerkleinerung des Stärkemehls zuzuschreiben.

Nun liegt aber die Sache so, daß VII eine spätere Probenahme von VI repräsentirt, daß also durch die länger anhaltende Wirkung des Rührwerkes — ohne Mitwirkung des Evakuirens — die Zertrümmerung vollständiger geworden sein kann; außerdem lehrten aber Versuche, daß sich durch Diastase die größeren Trümmer von VI ebenso schnell — d. h. fast momentan — lösen ließen, wie die von VII, so daß es kaum berechtigt erscheinen dürfte, eine wesentliche Mitwirkung des Evacuirens für die Zerkleinerung anzunehmen. Für dieselbe Annahme sprechen übrigens auch die mit dem Bohm'schen Apparat ohne Evacuiren beobachteten Zahlen für die Aufschließung der Stärke, welche derjenigen nach dem Hollefreund'schen Verfahren (mit Evacuiren) durchaus nicht nachstand.

Interessant sind die Beobachtungen IV und V über das Verhalten der bei 3 Atmosphären in einem Kessel ohne Rührwerk[1]) gedämpften Kartoffelmasse.

1) Bei Neuanlage der Brennerei hatte Herr Sombart zu Ermsleben die Dampffässer

Die Zertrümmerung war hierbei keineswegs eine so vollständige, wie man nach dem hohen Dampfdruck erwarten sollte. Der Zusammenhang der Zellen war zwar sehr gelockert, aber die Zellwandungen nicht gesprengt. Der praktische Erfolg dieses Verfahrens war auch wenig befriedigend gewesen, indem nach demselben noch 8·1 pCt. der Gesammtstärke unaufgeschlossen geblieben waren. Der Grund dieses Mißerfolges kann nur darin liegen, daß die mechanischen Zerkleinerungsvorrichtungen, die Rührwerke im Hollefreund'schen und Bohm'schen Apparat, bei der dem hohen Druck entsprechend erhöhten Temperatur die Kartoffelmasse leichter und vollständiger zerstören, während die letztere, wiederum abgekühlt, zäher und widerstandsfähiger wird. Ein wesentlicher Theil der Verfahren von Bohm und Hollefreund wäre somit die Wirkung der Rührvorrichtungen gerade bei der höheren Temperatur. Wie stellt sich nun aber das Gleiche bei dem Henze'schen Verfahren? Demselben fehlt bekanntlich jede complicirte Rühr- und Zerkleinerungsvorrichtung; die Kartoffeln werden aus einem Dämpfer durch einen geschlitzten Hahn einfach als zerstäubte Masse ausgeblasen. Wodurch werden sie hier zerkleinert? denn daß sie zerkleinert werden, unterliegt keinem Zweifel, eine Henze-Kartoffelmasse ist einer Hollefreund-Kartoffelmasse zum Verwechseln ähnlich.

Man könnte annehmen, daß entweder die Kartoffeln an den scharfen Kanten des nur wenig geöffneten Hahnes zerrissen und zertrümmert und vielleicht auch noch die einzelnen Zellen bei dem heftigen Ausströmen aneinander zerrieben würden oder aber, daß die unter einem Druck von mehreren Atmosphären stehenden Zellen plötzlich beim Ausblasen auf den gewöhnlichen Atmosphärendruck reducirt, durch die hierbei stattfindende Dampfentwickelung zersprengt würden. Obwohl nun gerade die letztere Erklärungsweise viel für sich zu haben scheint, so hat sie doch das gegen sich, daß, sobald der Hahn des Henze'schen Apparates etwas weiter geöffnet wird, unzerkleinerte Kartoffelstücke zum Vorschein kommen, das erwähnte Platzen somit nicht eintritt; jedenfalls scheint demnach eine mechanische Wirkung mit im Spiele zu sein. Außerdem ist der größte Theil der Zellen gar nicht gesprengt, sondern bewahrt noch seinen Zusammenhang, der allerdings durch eine leise Berührung zerstört wird.

b) Chemische Veränderungen beim Dämpfen der Kartoffeln unter hohem Druck.

Zwei Fragen in verschiedenen Richtungen können hierbei in Betracht kommen.

1) Findet bei dem Erhitzen auf hohe Temperatur eine Zerstörung von gährungsfähiger Substanz statt?
2) Werden vielleicht durch die höhere Temperatur Substanzen gelöst oder gebildet, welche das gährungsfähige Material vermehren?

Zur Entscheidung der ersten Frage wurde eine im Hollefreund'schen

alter Construction aus Eisen so stark herstellen lassen, daß dieselben einen Druck von 3 bis 4 Atmosphären aushielten.

Apparat 1½ Stunden lang bei 2 Atmosphären Druck gedämpfte Kartoffelmasse untersucht. Dieselbe enthielt in 100 Theilen [1])

	(berechnet nach dem Stärkegehalt)
Trockengehalt	19·50 Theile
darin Stärkemehl löslich und unlöslich	15·44 „
In Wasser waren löslich	9·90 „
Davon Mineralstoffe	0·73
Proteinstoffe	0·86
Zucker	1·96
lösl. Stärke (oder Dextrin)	4·73
Sonstige Stoffe (Pectin, Pflanzensäure) .	1·62
	9·90

Die hauptsächlichste, durch das Dämpfen bei höherer Temperatur hervorgebrachte Veränderung besteht darin, daß gewisse Mengen von Stärkemehl löslich geworden sind; denn während rohe Kartoffeln nach Untersuchungen vom Verfasser (in Gemeinschaft mit E. Schulze zu Weende ausgeführt) weder lösliche Stärke noch Dextrin enthielten, waren in den gedämpften Kartoffeln der vorstehenden Analyse 4·73 pCt. lösliche Stärke oder Dextrin enthalten. [2]) Wenn außerdem eine nachtheilige Zersetzung durch Zerstörung von gährungsfähigem Material eingetreten wäre, so würde sich dieselbe aller Wahrscheinlichkeit nach durch eine Vermehrung der in Wasser löslichen, nichtzuckerartigen Verbindungen (Karamelisirung) angezeigt haben. Abgesehen davon, daß eine solche an einer Braunfärbung des Wasserextraktes zu erkennen gewesen wäre — welche in dem vorliegenden Falle nicht stattgefunden hatte — war aber eine wesentliche Vermehrung der in diese Kategorie fallenden Stoffe ausgeschlossen, weil von denselben nur

1·62 pCt.

vorhanden waren, eine Menge, wie sie in normalen eingedämpften Kartoffeln auch vorkommt. Eine in Weende von dem Verfasser und E. Schulze ausgeführte Analyse ergab z. B. 1·61 pCt. bei einem Stärkemehlgehalt von 16 pCt.

Es liegt daher kein Grund vor, eine irgendwie schädliche Zersetzung durch Erhitzung auf 2 Atmosphären Druck anzunehmen. Bei höherem Druck tritt allerdings eine Dunkelfärbung der Kartoffelmasse ein; welche Stoffe jedoch von dieser betroffen werden und wie groß — wenn er überhaupt eintritt — der entstehende

1) Vergl. Zeitschrift des landw. Centralvereins der Provinz Sachsen. 1872. S. 163.

2) An dieser Stelle darf eine analytische Bemerkung nicht unterlassen werden. Die Untersuchung des Wasserextractes geschieht so, daß man mit Fehling'scher Lösung direct die reducirenden Substanzen bestimmt, alsdann einen aliquoten Theil des Wasserextractes mit Schwefelsäure invertirt und wiederum das Reductionsvermögen bestimmt; die durch Invertirung eintretende Vermehrung des Reductionsvermögens wird auf Stärkemehl berechnet. Dabei ist freilich außer Acht gelassen, daß außer Invertzucker auch reducirende Substanzen anderer Art in dem Wasserextract enthalten sein können, so z. B. Metapectinsäure und ähnliche Verbindungen. Bei der Schwierigkeit, diese Stoffe von dem Invertzucker zu trennen, bleiben die Untersuchungen freilich mit dem daraus erwachsenden Fehler behaftet. Daß übrigens lösliche Stärke in dem obenstehenden Fall wirklich in größeren Mengen entstanden war, lehrte die auf Zusatz von Jod zum Wasserextract eintretende Blaufärbung.

Verlust an gährungsfähigem Material ist, kann der Verfasser nicht entscheiden. Träte aber selbst eine nicht unbedeutende Zersetzung ein, so würde dieselbe trotzdem nicht gegen die neuen Verfahren sprechen, da es — wenigstens für Kartoffeln — absolut unnöthig ist, so starken Druck anzuwenden.

An dieser Stelle dürfte zweckmäßig das Material zur Entscheidung einer speziell diejenigen Brennereien, welche stärkemehlarme Kartoffeln verarbeiten müssen, interessirenden Frage einzuschalten sein. Nach der augenblicklich geltenden Maischraumbesteuerung sind mit Vortheil nur stärkemehlreiche Kartoffeln wegen der relativ geringeren Steuerbelastung des daraus gewonnenen Spiritus zu verarbeiten. Um nun aus stärkemehlärmeren Kartoffeln eine noch möglichst konzentrirte Maische herzustellen, übt man vielfach die Praxis aus, das Condensationswasser, welches sich bis zur beginnenden Verkleisterung sowohl in den Dampffässern des alten, wie auch den Apparaten des neuen Verfahrens ansammelt, fortzulassen. Es kann hierbei in Frage kommen: Gehen damit wesentliche Mengen von gährungsfähigem Material verloren? Unmöglich könnte dieses nicht erscheinen — die Kartoffeln enthalten ja $1\frac{1}{2}$—2 pCt. Zucker, also lösliches, gährungsfähiges Material; würde derselbe durch das Condensationswasser entfernt, so wäre damit allerdings ein ganz beträchtlicher Verlust verbunden. Die ausführlichen analytischen Daten über diesen Gegenstand finden sich bei Gelegenheit des ersten Versuches in der Nedlitzer Brennerei aufgeführt. Wir ersehen aus denselben, daß ein bedeutender Verlust durch die Entfernung des Condensationswassers nicht erwächst. Es wurden nämlich fortgeführt

I. Versuch zu Weende durch 190 Liter Condensationswasser 0·269 Kilo Zucker
II. „ „ Nedlitz „ 189 „ „ 0·671 „ „

Bei I. von 1600 Kilo stärkemehlarmer (16 pCt.), bei II. von 2600 Kilo stärkemehlreicher Kartoffeln (23·7 pCt.). Es findet demnach eine Extraktion des in den Kartoffeln enthaltenen Zuckers nur in sehr unerheblichem Maße statt und man darf das beregte Verfahren zur Herstellung konzentrirterer Maischen getrost ausüben.

Beiläufig mag hier bemerkt werden, daß die Gesammtcondensation bei einem Versuche zu Friedeburg bei $1\frac{1}{2}$stündigem Dämpfen 25 pCt. des Gewichts der Kartoffeln betrug, eine Zahl, die selbstverständlich nur für die dortigen Verhältnisse zutreffend ist und unter anderen Umständen ganz anders ausfallen kann.

Wenn nun zu der Frage II.: „Werden bei der höheren Temperatur vielleicht Substanzen gelöst oder gebildet, welche das gährungsfähige Material vermehren?" übergegangen werden soll, so liegt hier leider ein erschöpfendes analytisches Material nicht vor.

Es könnten diese Substanzen nur in dem Mark der Kartoffeln enthalten sein, und über dieses wissen wir bisher sehr wenig.

Zum Theil — aber auch nur zum kleineren Theil — besteht das Mark aus Holzfaser (Cellulose); bei einem von Dr. O. Abesser auf des Referenten Veranlassung ausgeführten Versuch gaben 2·018 Grm. durch Auswaschen und nachheriges Digeriren mit Malzextrakt von Stärke befreites Mark 0·613 Grm. Holz-

faser (beim Kochen mit 1prozentiger Essigsäure und Natronlauge) = **30·38** pCt. Daß durch Einwirkung des Wassers bei hoher Temperatur hiervon erhebliche Mengen zu Zucker verwandelt werden sollten, ist selbst bei der zarten Struktur der Kartoffelholzfaser unwahrscheinlich, da von der auf obige Weise dargestellten Holzfaser bei der Behandlung mit 1prozentiger Schwefelsäure in Druckflaschen bei 115° C. nur 18·3 oder auf 100 Theile Mark berechnet 5·62 pCt. in Zucker verwandelt wurden.

Außer der Holzfaser enthält das Mark der Kartoffel, so weit wir es wissen, noch Pectinstoffe, welche allerdings durch die Einwirkung von Wasser bei höherer Temperatur eine Zersetzung unter Bildung von Zuckerarten erleiden können. Durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure in Druckflaschen wird wenigstens eine erhebliche Menge des Marks in reduzirende Substanzen verwandelt. Als z. B. 0·944 Grm. Mark in dieser Weise behandelt wurden, reduzirten je 20 Cc. (von 100 Cc.) 0·1525 und 0·1565 Grm. Kupferoxyd = 32·97 und 33·83 pCt. Stärke, entsprechend im Mittel **33·40** pCt.; es wurde also ungefähr $\frac{1}{3}$ des Markes in reduzirende Substanzen verwandelt. Als ferner Mark von Kartoffeln allein mit Wasser auf 120° C. erhitzt wurde, lösten sich 33·0 pCt. in dem Wasser auf. Dieses Wasserextrakt, mit Schwefelsäure erwärmt, gab erhebliche Mengen von reduzirenden Substanzen, nämlich 2·053 Grm. Mark 0·995 und 0·990 Grm. Kupferoxyd = 19·78 und 19·72, im Mittel **19·75** pCt. Stärke entsprechend.

Allerdings bedarf es grade hierbei einer besonderen Zurückhaltung in der Auslegung der analytischen Resultate, da man es sehr wohl mit nicht zuckerartigen reduzirenden Substanzen zu thun haben konnte. Durch Bleiessig (Pectinstoffe) wurden dieselben nicht ausgefällt, was freilich die Anwesenheit der reduzirenden Metapectinsäure nicht ausschließt.[1]) Anstatt 19·75 pCt. reduzirender Substanzen (auf Stärkewerth berechnet) erhielt man nämlich 19·24 pCt. trotz des Zusatzes von Bleiessig vor der Ausführung der Reduktion. Ebenso spricht die Leichtigkeit, mit welcher der auf obige Weise erhaltene reduzirende Körper durch Pergamentpapier diffundirt, dafür, daß man es mit einer Zuckerart, nicht mit einem Pectinkörper zu thun habe. Als 2·200 Grm. Mark auf gewöhnliche Weise in Druckflaschen mit Wasser auf 120 °C. erhitzt wurden, diffundirte bei 4maligem Erneuern des Wassers von der erhaltenen Lösung eine (nach dem Invertiren) 17·45 und 17·26 pCt. Stärke entsprechende Menge von reduzirenden Substanzen, im Mittel 17·26 pCt. gegen 19·75 pCt., welche insgesammt vorhanden waren; nicht diffundirbar waren hierbei nur 1·41 und 1·48 pCt. (auf Stärke berechnet) im Mittel 1·45 pCt. vom angewandten Mark auf dem Dialysator zurückgeblieben.

Kurz die Möglichkeit kann nicht geleugnet werden, daß beim Erhitzen mit Wasser gährungsfähige Substanzen in Lösung gehen. Die vorstehenden Versuche sind allerdings nicht maßgebend für die endgültige Entschei-

1) Metapectinsäure wird durch Bleiessig nicht ausgefällt, wohl aber durch neutrales Bleiacetat und durch Chlorbaryum. Andere Pectinstoffe werden durch Bleiessig ausgefällt, namentlich die in Wasser löslichen.

dung der Frage, da die bei höherer Temperatur durch Wasser gelösten Substanzen vor der Prüfung auf ihr Reduktionsvermögen mit Schwefelsäure invertirt wurden — es bleibt eine offene Frage, ob dasselbe auch durch Malzaufguß geschieht. Als unmöglich darf man dieses gewiß nicht bezeichnen.

Endlich könnte es sich aber darum handeln zu entscheiden, wie groß die auf solche Weise disponibel werdenden Mengen von gährungsfähigem Material sein können. Der Markgehalt von 2 Kartoffelproben von 15·4 und 16·2 pCt. Stärkemehlgehalt betrug nach Bestimmungen von E. Schulze und dem Verfasser

$$\left.\begin{matrix}2{\cdot}70\\4{\cdot}10\end{matrix}\right\} 3{\cdot}4 \text{ pCt. im Mittel.}$$

Höchstens könnten hiervon die beim Erhitzen mit Wasser auf 120° C. in Lösung gehenden 19·24 pCt. reduzirender Substanzen (noch dazu nach dem Erhitzen mit Schwefelsäure) als gährungsfähiges Material gerechnet werden, welche Zahl auf obigen Markgehalt von 3·4 pCt. bezogen **0·65** pCt. auf die frischen Kartoffeln ergeben würde und diese Zahl stellt das überhaupt mögliche Maximum dar. Wir können daher, wenngleich die Möglichkeit nicht von der Hand gewiesen werden kann, daß eine Vermehrung des gährungsfähigen Materials durch das Erhitzen auf die höhere Temperatur eintritt, diese mögliche Vermehrung jedenfalls als nicht sehr bedeutend bezeichnen.

II. Prozeß der Zuckerbildung aus dem Stärkemehl.

A. Bis zu welchem Grade gelingt es nach den verschiedenen Verfahren, die Stärke der Materialien zu verzuckern?

Als eine Frage von geringerer Wichtigkeit mag zunächst die Aufschließung des Stärkemehls des Malzes voraufgeschickt werden.

Hierüber liegen 2 in der Brennerei zu Trotha ausgeführte Versuche vor; dieselben wurden zwar zu einem anderen Zweck ausgeführt, sind jedoch auch für die vorstehende Frage brauchbar.

Je 85 Kilo Grünmalz von 41·6 pCt. Stärkewerth wurden in 2 Hefegefäßen zu 246 Liter Flüssigkeit mit warmem Wasser angestellt und unter öfterem Umrühren 2 Stunden lang auf Maischtemperatur erhalten. Von den 35·36 Kilo Stärkemehl waren nach dieser Operation ungelöst geblieben:

I. 1·92 Kilo = 5·43 pCt. unaufgeschlossen,
II. 1·71 „ = 4·84 „ „

Von 100 Theilen Stärkewerth im Malz waren daher im Mittel **5·14** Th. unaufgeschlossen geblieben. Die Aufschließung des Stärkemehls war demnach in diesem Fall eine nicht unbefriedigende zu nennen. Dieselbe wurde in den vorstehenden Versuchen mit den einfachsten Mitteln erzielt; das, allerdings untadelhafte, Malz wurde auf einer Malzquetsche mit glatten Walzen (von ungleicher Bewegungsgeschwindigkeit) gequetscht und alsdann einfach in das warme Wasser eingerührt. Mit Hülfe von mechanischen Vorrichtungen zum Zermahlen oder Anrühren des gequetschten Malzes mit Wasser, wie sich dieselben in Brennereien

immer mehr einbürgern (es finden sich sogar schon kleine Ellenberger'sche Apparate für das Malz), gelingt es gewiß, die Stärke des Malzes noch vollständiger in Lösung zu bringen und Verluste so gut wie ganz zu vermeiden. Freilich gehört dazu, daß man es mit gut bedienten Malzquetschen und mit gut gewachsenem normalem Malz zu thun habe. Wo dieses nicht der Fall ist, sind allerdings größere Verluste unvermeidlich. So wurde z. B. bei einem zu R. ausgeführten Versuche (mit Kartoffeln nach dem Henze'schen Verfahren) eine Aufschließung des Stärkemehls nur bis zu 8·82 pCt. beobachtet, welches als ein sehr ungünstiges Resultat betrachtet werden muß, da sich die mittlere Aufschließung des Stärkemehls nach dem Henze'schen Verfahren bis auf ca. 4 pCt. erreichen läßt. Die mechanische Untersuchung der Maische lehrte hier, daß zahlreiche ungekeimte Gersten- und unzerquetschte Malzkörner ungelöst geblieben waren, denen in diesem Falle unzweifelhaft die mangelhafte Aufschließung des Stärkemehls zuzuschreiben war.

An dieser Stelle mag auch an eine, in dem beschreibenden Theil der Versuche enthaltene Bestimmung der ungelösten Gersten- oder Malzkörner in einer Maische von allerdings vorzüglichem Aussehen erinnert werden, wo in den ungelösten Körnern nicht mehr als 2·34 pCt. der Gesammtstärke des Malzes unaufgeschlossen geblieben waren. Da auch hier unter den einfachsten Verhältnissen gearbeitet wurde, dürfte der Schluß gerechtfertigt sein, daß eine gute Ausnutzung des Malzes bei der nothwendigen Sorgfalt leicht zu erreichen ist. Größere Verluste sind indessen, sobald es an dieser Sorgfalt fehlt, nicht ausgeschlossen.

Ausführlicher soll nun der zweite Theil: „Wie gestaltet sich die Aufschließung des Stärkemehls der Maischmaterialien: Kartoffeln, Mais, Getreide nach den verschiedenen Verfahren?" behandelt werden.

A. Versuche mit Kartoffeln.

I. Aufschließung der Stärke nach dem alten Verfahren.

Hierüber liegen 15 einzelne Versuche in 6 verschiedenen Brennereien vor, ein großer Theil derselben ist jedoch zu Neblitz unter so ähnlichen Verhältnissen ausgeführt, daß hierdurch die Ziehung eines Gesammtmittels aus den 15 einzelnen Versuchen unstatthaft erscheint; es wurde daher vorgezogen, für jede einzelne Brennerei nach den vorliegenden Versuchszahlen die mittlere Aufschließung festzustellen und dann erst aus diesen Zahlen das Gesammtmittel zu gewinnen.

Es blieben unaufgeschlossen:

1. Neblitz . . .	I.	13. Sept. 72.	4·5	pCt. der Gesammtstärke.
	II.	14. Sept. 72.	4·7	
	III.	15. Sept. 72.	5·3	
	a)	17. Mai 72.	4·3	im Mittel 4·9 pCt.
	b)	1. Juni 72.	3·6	
	c)	17. März 72.	6·9	

2. Möckern . . .	a)	16. Sept. 72.	7·0			
	b)	Juni 72.	6·3	"	6·7	"
3. Hohenziatz . .	a)	17. Sept. 72.	6·4			
	b)	Mai 72.	7·2	"	6·8	"
4. Dallenthin			9·9		9·9	"
5. Ermsleben			8·1		8·1	"
6. Conradsdorf . . .		Dezbr 74.	6·6			
		. . . . .	7·3	"	6 8	"
		. . . . .	6·6			

Gesammtmittel 7·2 pCt.

Wenn man nach diesen Zahlen allgemeinere Angaben über die Leistungen des älteren Verfahrens machen soll, so könnte man dieselben abrunden zu:

Gute Aufschließung des alten Verfahrens bis zu 5 pCt. der Gesammtstärke.
Mittlere " " " " " " $7\frac{1}{2}$ " " "
Schlechte " " " " " " 10 " " "

Zu den vorstehenden Zahlen mögen noch folgende Bemerkungen gegeben werden:

Unter den zur Untersuchung verwendeten Maischen war keine einzige, welche erkennen ließ, daß zu ihrer Bereitung stark von der Trockenfäule befallene Kartoffeln gedient hätten, nur bei einer aus Conradsdorf stammenden Maische waren trockenfaule, unangegriffene Stücke zu bemerken. Da zu den Maischen der Versuche mit den neueren Apparaten mehrfach stark von der Trockenfäule befallene Kartoffeln gedient hatten, so sind die obigen für das alte Verfahren ermittelten Zahlen nur mit den günstigeren Versuchen nach den neueren Verfahren zu vergleichen. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß das alte Verfahren bei Verwendung von trockenfaulen Kartoffeln noch wesentlich ungünstigere Resultate ergeben haben würde.

Nach dem alten Verfahren mit Handbetrieb (s. die Conradsdorfer Untersuchungen) hätte man eigentlich eine schlechtere Aufschließung, als dieselbe beobachtet wurde, erwarten sollen. Mit 6·8 pCt. der Gesammtstärke unaufgeschlossen, erreicht dieses Verfahren die mittlere Aufschließung vollkommen.

Endlich verdient der Ermslebener Versuch, mit 8·0 pCt. der Gesammtstärke unaufgeschlossen, eine Erwähnung. Dort wurden nämlich die Kartoffeln in einem Dampffaß alter Konstruktion bei 3 Atmosphären Druck gedämpft und trotzdem eine nur mäßige Aufschließung der Stärke erreicht — ein Beweis, daß der hohe Dampfdruck allein zur Vorbereitung der Kartoffeln nicht ausreicht, sondern daß die sinnreichen Zerkleinerungsvorrichtungen der neueren Apparate zur Erreichung des Zweckes unentbehrlich sind.

II. Aufschließung der Stärke nach dem Hollefreund'schen Verfahren.

Hierüber liegen 18 verschiedene Versuche in 5 verschiedenen Brennereien vor.

a) Versuch mit normalen Kartoffeln.

Trotha	8. Jan. 73.	4·2	pCt. der Gesammtstärke unaufgeschlossen.
		4·3	
	25. Jan. 73.	4·1	4·1 pCt.
		4·4	
	10. Nov. 73.	3·6	
Zabitz a)	11. Dez. 72.	2·6	3·0 pCt.
b)		3·3	
	Jan. 73.	3·0	
Salzmünde I.		3·2	3·1 pCt.
II.		2·8	
	Jan. 73.	3·2	
Benkendorf	18. Mai 73.	2·7	2·7 pCt.
Neubeesen	April 73.	3·5	3·5 pCt.

Gesammtmittel **3·3** pCt.

b) Versuche mit Kartoffeln, welche von der Trockenfäule befallen waren.

Trotha I.	8·3	7·5 pCt.
II.	6·1	
III.	8·0	
7. April 73.	7·5	
Salzmünde	6·7	6·7 pCt.

Gesammtmittel **7·1** pCt.

III. Aufschließung der Stärke nach dem Bohm'schen Verfahren. (normale, gesunde Kartoffeln.)

Kleinhof	3·5	**3·9** pCt.
Kötschau	4·5	
Belgershain	3·6	

IV. Aufschließung der Stärke nach dem Henze'schen Verfahren.

Otterwisch	4·6	pCt.	der	Gesammtstärke	unaufgeschl.	4·6 pCt.
Emersleben	4·6	"	"	"	"	4·8 pCt.
	4·9	"	"	"	"	
Schlanstedt	6·0	"	"	"	"	6·0 pCt.
Ermsleben	3·7	"	"	"	"	4·6 pCt.
	5·5	"	"	"	"	
Nedlitz	3·1	"	"	"	"	3·1 pCt.

Gesammtmittel **4·6** pCt.

Außer den vorstehenden 7 Versuchen für das Henze'schen Verfahren liegen noch 3 andere Versuche vor; dieselben mußten aber ausgeschieden werden, weil zu Emersleben mit 5·79 pCt. der Gesammtstärke unaufgeschlossen, Kartoffeln verarbeitet waren, die ziemlich stark trockenfaul waren; Merzien, 18. Juni 1873, mit 7·27 pCt. der Gesammtstärke unaufgeschlossen,

einerseits die Jahreszeit sehr vorgerückt, andererseits der Henze'sche Apparat in dieser Brennerei eben eingerichtet war, so daß die mangelhafte Aufschließung vielleicht mit auf die fehlende Uebung in der Handhabung des Apparats zurückzuführen ist;

Röderhof mit 8·82 pCt. der Gesammtstärke unaufgeschlossen, zahlreiche ungekeimte Gersten- und nicht gelöste Malzkörner in der Maische vorhanden waren, weshalb der betreffende Versuch, als Beispiel für entstehende Verluste benutzt ist;

Zusammenstellung.

Es blieben von 100 Th. eingemaischtem Stärkemehl unaufgeschlossen bei Verarbeitung von Kartoffeln:

Altes Verfahren bei guter	Arbeit	5·0	pCt. der	Gesammtstärke
„ mittlerer	„	7·5	„ „	„
„ schlechter	„	10·0	„ „	„
Hollefreund'sches Verfahren . .		3·3	„ „	„
Bohm'sches „ . .		3·9	„ „	„
Henze'sches „ . .		4·6	„ „	„

Es resultirt somit eine Ersparniß bei Ausübung der neuen Verfahren gegen das alte Verfahren bei:

	gutem	mittlerem	schlechtem Betriebe des alten Verfahrens.	
Hollefreund'schem Verfahren . .	1·7	4·2	6·7	pCt.
Bohm'schem „ . .	1·1	3·6	6·1	„
Henze'schem „ . .	0·4	2·9	5·4	„
Ellenberger'schem[1]) „ . .	3·2	5·7	8·2	„

Zur Ergänzung der vorhergehenden Ausführungen mögen hier einige Versuche zur Entscheidung der Frage: „Findet während des Gährungsprocesses eine Nachaufschließung von Stärkemehl statt?" eingeschaltet werden. Diese Frage ist von fundamentaler Wichtigkeit für die Leistungen der neueren Apparate — denn fände eine Nachaufschließung derjenigen Stärkemehlmengen, welche in dem Vormaischproceß ungelöst geblieben waren, während der Gährung statt, so würde ein wesentlicher — allerdings nicht der einzige — Vortheil der neuen Verfahren hinfällig sein. Wozu sollte man complicirte und

1) Ueber das Ellenberger'sche Verfahren konnte der Verf. keine Versuche ausführen, war auch durch die erfolgte Errichtung der Versuchsstation für Spiritusfabrikation dieser Mühe überhoben. Dr. Delbrück, Leiter dieser Anstalt (bei vielen Versuchen der vorliegenden Arbeit in seiner früheren Stellung an der landw. Versuchsstation zu Halle betheiligt) theilte in der Generalversammlung des Vereins deutscher Spiritusfabrikanten am 25. Febr. 1876 folgende Zahlen über die Aufschließung der Stärke durch das Ellenberger'sche Verfahren mit. Es blieben unaufgeschlossen:

1·44	1·72	2·26	
1·17	2·12	1·50	im Mittel 1·83 pCt. des eingemaischten Stärkemehls.
1·85	2·57		

theuer arbeitende Vorrichtungen construiren, um die Stärke, welche nachher gewissermaßen von selbst gelöst wird, gleich von Anfang an in Lösung zu bringen.

Das Aussehen der Maischen vor und nach der Gährung spricht allerdings gegen die Annahme einer Nachaufschließung der Stärke, da man in den vergohrenen Maischen die unangegriffenen Kartoffelstücke anscheinend ganz unverändert wiederfindet; das Experiment bestätigt diesen Zweifel.

Versuch zu Nedlitz I.

Vor der Gährung. In 3004 Lit. Maische waren im Liter 50·5 Grm. = 150·4 Kilo unlöslicher Rückstand zu 19·51 pCt. Stärke = **29·60** Kilo Stärkemehl ungelöst.

Nach der Gährung. In 3642 Lit. Maische waren im Liter 42·49 Grm. = 154·8 Kilo unlöslicher Rückstand zu 19·28 pCt. Stärke = **29·88** Kilo Stärkemehl ungelöst.

Versuch zu Nedlitz II.

	Maische	Rückstand	Rückstand	Stärke	Stärke
Vor der Gährung	2931 Lit.	zu 51·4 Grm.	= 150·7 Kilo	zu 20·38 pCt.	= **30·70** Kilo
Nach „ „	3502 „	„ 46·03 „	= 161·2 „	„ 19·74 „	= **31·82** „

Versuch zu Nedlitz III.

	Maische	Rückstand	Rückstand	Stärke	Stärke
Vor der Gährung	2924 Lit.	zu 49·1 Grm.	= 143·6 Kilo	zu 22·65 pCt.	= 32·52 Kilo
Nach „ „	3591 „	„ 39·34 „	= 139·3 „	„ 20·16 „	= 28·08 „

Versuch zu Nedlitz a.

	Maische	Rückstand	Rückstand	Stärke	Stärke
Vor der Gährung	2950 Lit.	zu 39·2 Grm.	= 115·6 Kilo	zu 19·80 pCt.	= 22·89 Kilo
Nach „ „	3600 „	„ 33·7 „	= 121·3 „	„ 17·90 „	= 21·71 „

Versuch zu Möckern.

	Maische	Rückstand	Rückstand	Stärke	Stärke
Vor der Gährung	2635 Lit.	zu 60·12 Grm.	= 158·4 Kilo	zu 24·48 pCt.	= 39·79 Kilo
Nach „ „	3255 „	„ 49·9 „	= 162·4 „	„ 23·27 „	= 37·79 „

Uebersicht

Nedlitz I	Stärke	unaufg.	vor	29·60	nach der Gährung	29·88	= + 0·28 Kilo
„ II	„	„	„	30·70	„ „ „	31·82	= + 1·12 „
„ III	„	„	„	32·52	„ „ „	28·08	= − 4·44 „
„ a	„	„	„	22·89	„ „ „	21·71	= − 1·18 „
Möckern	„	„	„	39·79	„ „ „	37·79	= − 2·00 „

Eine nennenswerthe Nachaufschließung scheint daher nur in einem einzigen Falle, Versuch III zu Nedlitz, eingetreten zu sein (13·7 pCt. des ursprünglich vorhandenen), indessen sind gerade Fehler der Probenahme in der vergohrenen Maische, wegen der dünnflüssigeren Beschaffenheit derselben naheliegend. Während die Durchschnittsprobe der Maische vor der Gährung aus dem Röhrenkühler oder dem Kühlschiff ganz systematisch geschehen konnte, mußte man die Probe der vergohrenen Maische aus dem Gährbottich — allerdings, während des heftigsten Umrührens mit 2 Krücken, entnehmen; es können sich die größeren Kartoffelstücke

hierbei leicht zu Boden gesenkt haben. Die übrigen Versuche ergeben aber ein so kleines Plus, die Versuche zu Nedlitz I und II sogar ein kleines Minus, daß man den Schluß für berechtigt halten muß:

„Eine Nachaufschließung während der Gährung findet nicht statt; die Stärkemengen, welche beim Vormaischproceß nicht aufgeschlossen wurden, sind für die Alkoholgewinnung verloren."

B. Versuche mit Mais und Roggen.

I. Versuche mit Mais nach dem Hollefreund'schen und Bohm'schen Verfahren.

Der Augenschein lehrt hierbei bereits, daß die Aufschließung des Stärkemehls durch die oben genannten Apparate nicht so vollständig verläuft, als bei Kartoffeln. In den Maischen, welche aus geschrotenem oder feingemahlenem Mais hergestellt sind, finden sich die gröberen Stücken und griesartigen Trümmer unverändert vor, die Ausbeute an Spiritus läßt dem entsprechend auch zu wünschen übrig.

Es wurden folgende Zahlen über die Aufschließung des Stärkemehls erhalten:

Hollefreund'scher Apparat.

Zabitz II		9·1	pCt. der Stärke unaufgeschlossen
Trotha		9·1	„ „ „ „
Benkendorf	a)	11·3	„ „ „ „
„	b)	8·5	„ „ „ „

à (Mais absichtlich nicht fein gemahlen.)

Bohm'scher Apparat.

Belgershain 9·8 pCt. der Stärke unaufgeschlossen.

Zu den vorstehenden Versuchen, die übrigens sämmtlich eine wenig befriedigende Aufschließung erkennen ließen, mag bemerkt werden, daß mit Ausnahme des Versuches a) zu Benkendorf eine besondere Sorgfalt auf die feine Zerkleinerung des Maises gerichtet wurde. Daß dieselbe durch die Erreichung einer besseren Aufschließung belohnt wurde, lehrt der Vergleich der beiden Versuche a) und b)

Benkendorf a) grob 11·3 pCt. Stärke unaufgeschlossen
„ b) fein 8·5 „ „ „

Bei grob gemahlenem Mais sind also die Verluste noch größer. Wenn man bedenkt, daß die Herstellung eines feinen Mehles aus Mais mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist, so kann man das in den obigen Zahlen enthaltene Resultat nicht eben befriedigend nennen. Es scheint anderen Modificationen der Verfahren (Ellenberger's und Lwowski's Apparaten) vorbehalten zu sein, hier bessere Resultate zu liefern.

Nach einem mit dem Lwowski'schen Apparat ausgeführten Versuche, wo unzerkleinerter Mais in dem Henze'schen Apparat gedämpft, ausgeblasen und im

Vormaischbottich mit L.'s Vorrichtung gemahlen wurde, blieben nämlich nur unaufgeschlossen

4·58 pCt. der Stärke.

Ein recht befriedigendes Resultat. Ellenberger's Apparat leistete nämlich nach Delbrück's Angaben (Zeitschr. d. Vereins deutscher Spiritusfabrik. 1876 S. 116) nicht mehr, indem er

5·58 pCt. der Stärke bei Maismaischung

unaufgeschlossen ließ.

II. Versuche über die Aufschließung von Roggen mit dem Hollefreund'schen Apparat.

Hierüber wurden 2 Versuche zu Benkendorf ausgeführt; der Roggen war zu diesen Versuchen möglichst fein geschroten. Die erhaltenen Ausbeuten waren jedoch in der dortigen Brennerei bei Verarbeitung von Roggen noch weniger befriedigend gewesen als bei Verarbeitung von Mais. Um zu erfahren, ob hieran vielleicht durch eine längere Ausdehnung der Verzuckerung gebessert würde, ließ man von 2 Versuchen den ersten 2 Stunden lang mit dem Malz stehen, den zweiten nur eine halbe Stunde. Das Resultat war:

2 Stunden verzuckert 13·3 pCt. der Stärke unaufgeschlossen
½ " " 12·5 " " " "

Ein wesentlicher Unterschied existirt also nicht; in beiden Fällen war aber die Aufschließung eine mangelhafte und läßt die unbefriedigende Ausbeute erklärlich erscheinen.

Jedenfalls bedarf es wesentlicher Modificationen des Verfahrens, um zu besseren Resultaten zu kommen. Ellenberger's und Lwowski's Apparate werden jedenfalls auch hier in ähnlicher Weise wie bei der Verarbeitung von Mais die nach der gewöhnlichen Ausübung des Hollefreund'schen oder Bohm'schen Verfahrens erhaltenen Zahlen übertreffen.

B. Der Chemismus des Verzuckerungsvorganges.

Die Kenntniß der chemischen Vorgänge des Verzuckerungsprozesses ist von größter Wichtigkeit für die Praxis der Spiritusfabrikation. Jede Störung in dem normalen Verlauf dieses Prozesses rächt sich durch eine mangelhaft verlaufende Gährung und dem entsprechend durch eine geringere Alkoholausbeute.

Kaum ein anderer chemischer Vorgang ist so häufig und mit so widersprechenden Resultaten studirt.

Nach den ältesten Angaben mußte man annehmen, daß Stärkemehl durch die Diastase des Malzes schließlich vollständig in Zucker und damit in gährungsfähiges Material übergeführt werden könne. Der bei diesem Vorgange entstehende Zucker sollte mit dem Traubenzucker identisch sein.

Hiergegen ist Musculus aufgetreten (im Auszuge Chem. Centralblatt 1860 S. 602), welcher angiebt, daß sich bei der Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl 2 Aeq. Dextrin und 1 Aeq. Zucker, letzterer direct aus dem Stärkemehl ohne

vorhergegangene Entstehung von Dextrin, bilde. Das entstandene Dextrin werde durch verdünnte Säuren nur langsam, durch Diastase nicht weiter verändert.

Guerrin-Varry's Versuche ergaben dagegen, daß man eine weit größere Zuckermenge erhalten könne; derselbe erhielt auf 100 Th. Stärkemehl bis zu 86·91 Th. Zucker. Auch Dubrunfaut erhielt größere Zuckermengen als den Gleichungen von Musculus entspricht, nämlich bis zu 90 Th. Zucker auf 100 Th. Stärkemehl. (?)

Größere Zuckermengen als dem von Musculus angegebenen Verhältniß entspricht, erhielt auch Payen, indessen doch niemals mehr als 53 Th. Zucker auf 100 Th. Stärkemehl, welches dem Verhältniß von 1 Zucker = 1 Dextrin nach der Zersetzungsgleichung

$$1)\quad \underset{\text{Stärkemehl}}{2\ C_6H_{10}O_5} + H_2O = \underset{\text{Zucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Dextrin}}{C_6H_{10}O_5}$$

entsprechen würde, während die Gleichung von Musculus

$$2)\quad \underset{\text{Stärkemehl}}{3\ C_6H_{10}O_5} + H_2O = \underset{\text{Zucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Dextrin}}{2\ C_6H_{10}O_5}$$

lauten würde.

Schwarzer hat die Untersuchungen von Payen und Musculus wiederholt (Journ. f. pract. Chem. 1870. N. F. Bd. I S. 212) und zwar mit dem Resultat, daß er auf das Bestimmteste nachweist, daß bei Temperaturen bis zu 60° C. unter den verschiedensten Verhältnissen entstanden auf:

2 Stärkemehl = 1 Zucker + 1 Dextrin.

Dagegen bildeten sich bei Temperaturen über 60° C. auf

3 Stärkemehl = 1 Zucker + 2 Dextrin.

Durch den Verfasser in Gemeinschaft mit E. Schulze (Journ. f. Landwirthschaft 1872 S. 209) ist endlich die Schwarzer'sche Untersuchung bestätigt, indem nicht allein für verschiedene Stärkemehlarten, bei verschiedenen Temperaturen (bis zu 65° C.) und Concentrationen, sondern auch für normale Maischen der Praxis regelmäßig ein Verhältniß von Zucker : Dextrin = 1 : 1 nachgewiesen wurde.

In den Beobachtungen von Schwarzer ist vielleicht das Material enthalten, den Widerspruch der Payen'schen Angaben (Z : D = 1 : 1) gegen diejenigen von Musculus (Z : D = 1 : 2) aufzuklären. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat Musculus die Diastase auf Stärkemehl bei Temperaturen von über 60° C., Payen unter 60° C. einwirken lassen, und beide haben für ihre bestimmten Temperaturen Recht. Jedenfalls ist aber die Bildung von 1Z : 1D d. h. von 55·56 Th. Zucker auf 100 Th. Stärkemehl das Maximum des Erreichbaren und es ist danach nicht zu erklären, wie Guerrin-Varry (77 Th.) und Dubrunfaut bis zu 90 Th. Zucker auf 100 Th. Stärkemehl erhalten haben wollen.

Die bisher genannten Chemiker waren mit der alleinigen Ausnahme von Dubrunfaut der Ansicht, daß der entstehende Zucker mit dem Traubenzucker,

der Dextrose, vollkommen identisch sei. Der letztere hatte jedoch schon 1847[1]) die Verschiedenheit des Malzzuckers, der Maltose, von dem Traubenzucker behauptet, indem die erstgenannte Zuckerart in Alkohol etwas schwerer löslich sein sollte als die Dextrose und vor Allem ein dreimal so starkes Vermögen, die Polarisationsebene des Lichtes zu drehen, besitzen sollte. Die Maltose ist ferner nach Dubrunfaut vollkommen vergährungsfähig und zwar ohne vorher in Dextrose überzugehen, bei der Gährung entstände ebensoviel Alkohol als aus der Dextrose. Auch bei erster Einwirkung von verdünnten Säuren auf Stärkemehl entstände eine mit der Maltose identische Zuckerart; Kochen mit Säuren wandele die Maltose in Dextrose um. Die Verschiedenheit von Maltose und Dextrose, für welche freilich Dubrunfaut dieselbe Formel $C_6H_{12}O_6$ aufstellt, war danach nicht mehr zu bezweifeln. Trotzdem wird in den späteren Arbeiten über die Wirkung der Diastase wieder fortwährend von dem hierbei entstehenden Traubenzucker gesprochen. Erst in neuester Zeit haben O. Sullivan (Moniteur scientifique Quesneville, März 1874) und E. Schulze (Ber. d. deutschen chem. Gesellschaft 1874, 1047) die Dubrunfaut'schen Ansichten von Neuem geprüft und in den meisten Stücken bestätigt gefunden. Die Maltose ist danach in der That verschieden von der Dextrose, sowohl im Polarisationsvermögen, wie auch in dem Vermögen, Kupferoxyd aus alkalischen Lösungen zu reduciren. Sie steht in letzterer Beziehung der Dextrose nach, indem sie nur $\frac{2}{3}$ des Reductionsvermögens der Dextrose besitzt (Schulze giebt an, daß 100 Th. Maltose so viel Kupferoxyd wie 66—67 Th. Dextrose reduciren).

Die Formel der Maltose fanden Schulze und O. Sullivan, abweichend von den Angaben Dubrunfaut's zu $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$, zusammenfallend mit derjenigen für Rohrzucker.

Der Verf. hatte während der vorliegenden Arbeit Gelegenheit, eine ansehnliche Menge Maltose zu sammeln, um die Eigenschaften derselben zu studiren. Schulze's und Sullivan's inzwischen publicirte Arbeiten machten die Untersuchung, welche der Verf. vor hatte, zunächst überflüssig und verhinderten die Veröffentlichung einiger Untersuchungen. Da indessen — wie in den folgenden Seiten dargelegt werden soll — der Chemismus des Verzuckerungsvorganges und die Bildung der Maltose aus der Stärke weit davon entfernt ist, aufgeklärt zu sein, hat sich der Verf. in der letzten Zeit entschlossen, in Gemeinschaft mit Dr. Pagel die unterbrochene Untersuchung wieder aufzunehmen.

Die nachstehenden Angaben über die Maltose sollen daher nur den Charakter und den Werth einer vorläufigen Mittheilung beanspruchen.

Die Darstellung der Maltose geschieht einfach durch Auskochen der mit gereinigter Diastase (nicht Malzinfus) invertirten Stärke mit 80 pCt. Alkohol; es scheidet sich dabei ein Syrup aus, von welchem man die klare maltosehaltige Lösung abgießt. Man verdunstet sodann den Alkohol, kocht von Neuem aus und erhält endlich aus der mehrfach gereinigten Lösung durch Verdunsten über

1) Annales de Chim. et Phys. 1847. Bd. XXI. p. 178.

Schwefelsäure Krystalle von Maltose. Die Abscheidung des ersten krystallinischen Productes nimmt oft mehrere Wochen in Anspruch, das Umkrystallisiren ist alsdann aber eine sehr leichte Arbeit. Die so gewonnene Maltose stellt entweder beim schnellen Abscheiden aus ihrer Lösung ein feines Krystallmehl oder bei langsamerem Abscheiden Krystallkrusten oder Kugeln dar. Die krystallwasserhaltige Substanz besitzt nachstehende Zusammensetzung:

1) 0·4423 Grm. Substanz gab 0·6482 Grm. Kohlensäure u. 0·2685 Grm. Wasser.
2) 0·3823 „ „ „ 0·5613 „ „ „ 0·2333 „ „
3) 0·2165 „ „ „ 0·3200 „ „ „ 0·1353 „ „
4) 0·3091 „ „ „ 0·4473 „ „ „ 0·1893 „ „
5) 0·2922 „ „ „ 0·4247 „ „ „ 0·1839 „ „

	1	2	3	4	5	Mittel	ber. für $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$	Schulze fand:	
C	39·97	40·04	40·31	39·47	39·64	39·87	40·00	40·13	39·93
H	6·74	6·65	6·94	6·84	6·99	6·83	6·67	6·86	6·97
O	53·29	53·31	52·75	53·69	53·37	53·28	53·33	53·01	53·10
	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00

Die vorstehenden Zahlen stimmen somit recht gut für die Schulze'sche Formel $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$; jedoch nur, so lange sie auf krystallwasserhaltige Substanz bezogen werden. Die Wasserbestimmungen ergaben nämlich ein von Schulze's Angaben abweichendes Resultat. Während sich nämlich nach der Formel $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ ein Krystallwassergehalt von 5·0 berechnet (5·1 von S. gefunden) enthielten die obigen Substanzen

1 6·78 pCt. Wasser
2 5·81 „ „
3 4·99 „ „
4 5·89 „ „
5 5·85 „ „

Substanzen von anderen Darstellungen enthielten

5·95 pCt. Wasser
6·00 „ „
6·18 „ „
6·07 „ „
6·88 „ „

Alle Wasserbestimmungen wurden im Luftstrom bei 105—110° C. im Natronsalpeterbade ausgeführt. Entweder sind die vom Verf. analysirten Substanzen noch nicht vollkommen rein gewesen — oder die Maltose erleidet bei längerem Trocknen eine Zersetzung — oder endlich, und diese Ansicht hat nach den später zu gebenden Ausführungen gewiß einige Berechtigung, die Maltose besitzt im krystallwasserfreien Zustande nicht die Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Das Reductionsvermögen der Maltose wurde vollkommen übereinstimmend mit Schulze's Angaben zu 67 pCt. von demjenigen der Dextrose befunden.

1·1178 Grm. trockene Maltose reducirten 1·664 Grm. Kupferoxyd oder 100 Th. Maltose, 148·9 Th. Kupferoxyd. Da 100 Th. Dextrose 220·5 Th. Kupferoxyd reduciren, so ergiebt dieses 67·5 pCt. des Reductionsvermögens der Dextrose.

Beim Invertiren mit Schwefelsäure wird die Maltose in eine Zuckerart (Dextrose) von höherem Reductionsvermögen verwandelt.

0·8226 Grm. krystallwasserfreie Maltose reducirten nach dem Invertiren 1·906 Grm. Kupferoxyd = **231·7** Th. per 100 Th. Invert-Maltose.

Durch die Behandlung mit Schwefelsäure wird daher das Reductionsvermögen um $\frac{1}{3}$ vermehrt. Dieses Verhalten wird weiter unten als Grundlage für eine Berechnung der Diastase-Gleichung benutzt werden.

Von der Dextrose unterscheidet sich die Maltose sehr in ihrem Verhalten gegen das von Barfoed (Journal f. pract. Chemie 1873, Bd. 6, S. 334) angegebene Reagens.

Dieses — aus einer schwach essigsauren Lösung von neutralem essigsauren Kupfer bestehend — (200 Cc. Wasser, 13·33 Grm. essigsaures Kupfer 5 Cc. Essigsäure 35procentig) wird durch Dextrose beim Erwärmen und auch schon bei längerem Stehen in der Kälte reducirt und ist gegen Dextrose so empfindlich, daß Barfoed noch wenige Zehntel Milligramme Dextrose durch dasselbe nachweisen konnte. Maltose ist dagegen sehr wenig empfindlich gegen dieses Reagens, aus concentrirten Lösungen erhält man wohl noch bei längerem Kochen mit dem Reagens eine geringe Abscheidung von Kupferoxydul, aus verdünnteren Lösungen erfolgt aber keine Reduction. Es ist daher dieses Reagens vorzüglich geeignet, Maltose von Dextrose zu scheiden und (s. w. u.) die Abwesenheit der Dextrose in bestimmten Fällen nachzuweisen.

Ueber die Gährungsfähigkeit der Maltose wurden durch Dr. Pagel folgende Versuche ausgeführt.

Versuch I. 2·9405 Grm. Maltose wurden mit 10 Cc. breiförmiger, ausgewaschener Bierhefe und 60 Cc. destillirtem Wasser bei 35° C. zur Gährung angestellt. Die Gährung begann sofort höchst stürmisch und war nach 10 Stunden vollständig beendet.

Es wurden bei der Destillation 54·4075 Grm. Destillat von 0·99372 Grm. spec. Gew. erhalten = 3·48 Gewichts-Procente Alkohol = 1·8817 Grm. Alkohol. Nach der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ soll obige Maltose-Menge (54·4 pCt.) 1·4852 Grm. Alkohol liefern; es ist also ein (offenbar von der Selbstgährung des großen Hefeüberschusses stammender) Alkoholüberschuß von 0·3986 Grm. vorhanden. Die vergohrene Flüssigkeit reducirte weder direct noch, nach dem Behandeln mit Schwefelsäure in Druckflaschen, Fehling'sche Lösung.

Versuch II. 5 Grm. Maltose mit 15 Cc. dünnerem Hefebrei, kam ebenso stürmisch zur Gährung, nach 15 Stunden war die Gährung beendet.

Erhalten wurden durch Destillation 60·1575 Grm. von 0·99159 spec. Gew. = 4·75 Gewichts-Procente = 2·8575 Grm. Alkohol. Aus der Maltose hätten 2·720 Grm. entstehen können, es war somit hier ein Ueberschuß von 0·1375 Grm. Alkohol vorhanden.

Die vergohrene Flüssigkeit reducirte weder direct noch nach dem Behandeln mit Schwefelsäure Fehling'sche Lösung.

Es bedarf somit keines weiteren Beweises, daß die Maltose direct und vollkommen gährungsfähig ist.

In den folgenden Zeilen soll nun versucht werden, in präciser Weise den Stand unserer Kenntnisse vom Verzuckerungsvorgange darzulegen.

1) Welches sind die bei der Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl entstehenden Producte?

Wir wissen bestimmt, daß als Endproduct der Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl einerseits Dextrin $C_6H_{10}O_5$ und zwar die von Brücke als Achroodextrin bezeichnete Modification und andererseits eine von der Dextrose verschiedene Zuckerart, die Maltose, entsteht, welcher man nach Schulze und O. Sullivan die Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ zu geben hätte. Als noch nicht nachgewiesen muß man es bezeichnen, ob neben Maltose und Dextrin nicht auch noch andere Producte, selbst Dextrose, oder eine nicht krystallisirende Zuckerart entstehen.

Soviel kann der Verfasser mit Bestimmtheit versichern, daß Dextrose nicht bei diesem Vorgange entsteht. Wenn man nämlich Stärkemehl mit vollkommen zuckerfreier Diastase[1]) — hergestellt durch öfters wiederholtes Ausfällen mit Alkohol — invertirt, so zeigt das erhaltene Product keine Einwirkung auf das Barfoed'sche Reagens, welches durch Dextrose außerordentlich leicht und charakteristisch reducirt wird. Eben so wenig kann aber auch Levulose vorhanden sein, denn eine Levuloselösung, bereitet durch Invertiren von reinem Inulin — welches ich der Güte des Herrn Prof. Kraus verdanke — reducirte das Barfoed'sche Reagens wie die Dextrose. Wir haben also vorläufig keine Veranlassung, die Entstehung von anderen Producten — neben Maltose und Dextrin — beim diastatischen Vorgange zu vermuthen

2) In welchem Verhältniß geschieht die Wasseraufnahme beim diastatischen Vorgange?

Nach Musculus sollen auf 3 Aeq. Stärke 1 Aeq. Wasser aufgenommen werden:

$$3\,C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6 + 2\,C_6H_{10}O_5$$
Stärke Dextrose Dextrin

nach Payen und Schwarzer jedoch schon auf 2 Aeq. Stärke 1 Aeq. Wasser kommen:

$$2\,C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{10}O_5$$

Da diese Frage sehr einfach zu entscheiden ist, veranlaßte der Verfasser Herrn Dr. Delbrück, einen Versuch über die Wasseraufnahme während des Verzuckerungsvorganges auszuführen.

Es wurden 10·068 Grm. lufttrockene Kartoffelstärke, welche enthielt

1) Malzaufguß reduzirt das Barfoed'sche Reagens, enthält also eine von der Maltose verschiedene Zuckerart — natürlich neben größeren Mengen von Maltose.

20·96	pCt.	Feuchtigkeit
0·22	„	Proteinstoffe
0·27	„	Stärkemehlhüllen
0·32	„	Asche
78·23	„	Stärkemehl
100·00		

also 7·8762 Grm. Stärkemehl mit etwa 100 Cc. Wasser zu Kleister verkocht und mit 50 Cc. Malzinfus verzuckert; nach dem Erkalten füllte man zu 200 Cc. auf.

Von dieser Lösung wurden je 20 Cc. in Liebig'schen Trockenröhren im Kochsalzbade bei 105° C. im Wasserstoffstrom zur Trockene verdampft. Es blieb dabei an Trockensubstanz:

a) 0·9245, 0·9255, 0·9270 } im Mittel 0·9256 Grm. in 20 Cc. = 9·256 Grm. in 200 Cc.

Hiervon sind abzuziehen die in 50 Cc. Malzinfus enthaltenen Trockensubstanzmengen. Es gaben 20 Cc. Malzinfus

b) 0·354, 0·352, 0·353 } in Mittel 0·353 Grm. in 20 Cc. = 0·8825 Grm. in 50 Cc.

Die Rechnung gestaltet sich nun folgendermaßen. Von den erhaltenen 9·256 Grm. Trockensubstanz sind zunächst die aus 50 Cc. Malzinfus stammenden 0·8825 Grm. Trockensubstanz abzuziehen, sodann aber auch noch 0·81 pCt. der angewandten Stärke (Asche – Protein – Hüllen) = 0·0815 Grm., welche in der Stärke an Verunreinigungen oder unverzuckerbaren Substanzen enthalten waren; dieses ergiebt 8·292 Grm., welche bei dem Verzuckerungsvorgange aus 7·8762 Grm. reiner Stärke entstanden sind.

100 Theile Stärkemehl haben somit 105·3 Theile verzuckertes Gemisch (Maltose–Dextrin) gegeben.

Da die Formel:

$$2\ C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_6$$

105·5 Theile erfordern würde, kann kein Zweifel sein, daß sich die Zersetzung nach dieser Gleichung vollzieht, denn die Formel von Musculus

$$3\ C_6H_{10}O_5 + H_2O = 2\ C_6H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_6$$

würde 103·7 Theile Z + D auf 100 Theile Stärke erfordern.

Auf je 2 Aeq. Stärkemehl wird somit 1 Aeq. Wasser aufgenommen.

3) Durch Erhitzen mit verdünnten Säuren wird das Reductionsvermögen des durch Diastase verzuckerten Gemisches von Maltose und Dextrin verdoppelt.

Hierüber liegen bereits so zahlreiche ältere Beobachtungen vor, daß die nachstehende Reihe nur eine wiederholte Bestätigung derselben bringen kann.

Die Zahlen sind so gewonnen, daß in den durch Malzzusatz im Fabrikationsproceß verzuckerten Maischen das directe Reductionsvermögen gegenüber der Fehling'schen Lösung bestimmt, sodann dieselbe Maische, mit Schwefelsäure in Druckflaschen invertirt, wiederum auf ihr Reductionsvermögen geprüft wurde.

Hierbei ergaben sich folgende Zahlen:

		Kartoffelmaische			Verhältniß von ursprünglicher : Vermehrung der Reduction durch Invertiren.
Altes Verfahren:	Nedlitz I	22·28	pCt. Z + D[1])	9·87 Z.	= 1 : 1·26
	II	22·33	„ „	10·65 „	= 1 : 1·10
	III	20·96	„ „	10·39 „	= 1 : 1·01
	Hohenziatz	21·23	„ „	11·29 „	= 1 : 0·90
Hollefreund'sches Verfahren:	Trotha	18·35	„ „	9·54 „	= 1 : 0·92
		19·05	„ „	9·82 „	= 1 : 0·93
Bohm'sches Verfahren:	Kötschau	17·32	„ „	8·65 „	= 1 : 1·00
	Belgershain	19·56	„ „	9·60 „	= 1 : 1·04
Henze'sches Verfahren:	Otterwisch	20·65	„ „	9·52 „	= 1 : 1·17
	Emersleben	20·72	„ „	9·89 „	= 1 : 1·10
	Röderhof	21·39	„ „	10·55 „	= 1 : 1·03
	Ermsleben	17·98	„ „	8·98 „	= 1 : 1·00
				Mittel	1 : 1·04

Roggenmaische.

Benkendorf ½ Stunde verzuckert	15·98	7·59	1 : 1·11
„ 2 „ „	16·91	8·03	1 : 1·11

Bei älteren Versuchen war in Roggen- und Kartoffelmaischen vom Verfasser in Gemeinschaft mit E. Schulze (Journal f. Landw. 1872 S. 209) beobachtet worden:

Kartoffelmaische	I	1 : 1·07
	II	1 : 0·92
Roggenmaische	I	1 : 1·03
	II	1 : 1·04

Daß das Reductionsvermögen durch Erhitzen mit Schwefelsäure um ein Geringes mehr als verdoppelt wird, ist leicht erklärlich, da in den Pflanzensäften Stoffe enthalten sind, wie z. B. die Pectinstoffe, welche, mit verdünnten Säuren erhitzt, Kupferoxyd reduciren. Trotzdem stimmen aber die obigen Zahlen genau genug, um den Satz: „durch Invertiren mit Schwefelsäure wird das Reductionsvermögen des durch Diastase verzuckerten Gemisches verdoppelt" bestätigt zu finden.

1) Unter Z hat man die direct reducirte Kupferoxydmenge auf Dextrose berechnet, unter Z + D den Zuckerwerth nach dem Invertiren zu verstehen.

5) Die Maltose wird durch Schwefelsäure in einem Körper von dem Reductionsvermögen der Dextrose verwandelt und damit das Reductionsvermögen in Verhältniß von 67:100 oder von 2:3 vermehrt.

5) Dextrin als solches reducirt die Fehling'sche Lösung nicht, wird aber durch Invertiren mit Schwefelsäure in einem Körper von dem Reductionsvermögen der Dextrose verwandelt.

Aus diesen Thatsachen läßt sich nun für den diastasischen Vorgang Folgendes ableiten.

A) Die diastasische Gleichung (siehe unter Nr. 2 oben) erfordert, daß auf je zwei Aequivalente Stärkemehl je ein Aequivalent Wasser aufgenommen werde. Die Zersetzung kann also nur nach der allgemeinen Formel

$$2n \text{ Stärke} + n \text{ Wasser} = x$$

verlaufen. Nimmt man nun an, daß Maltose und Dextrin als einzige Producte dieser Umsetzung entständen und die Maltose die Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ besäße, so würde damit der diastatischen Gleichung nicht genügt sein; denn

$$2n\ C_6H_{10}O_5 + nH_2O = nC_{12}H_{22}O_{11}$$

würde zwar die Maltosebildung aus dem Stärkemehl erklärlich erscheinen lassen; da sich aber neben der Maltose regelmäßig $C_6H_{10}O_5$ Dextrin bildet, würde bei der obigen Formel für die Maltose der Wasseraufnahme nur genügt sein, wenn neben dem Dextrin $C_6H_{10}O_5$ noch ein Körper von der Zusammensetzung der Dextrose $C_6H_{12}O_6$ entstände. Dann müßte die Gleichung lauten

$$4\ C_6H_{10}O_5 + 2\ H_2O = C_{12}H_{22}O_{11} + C_6H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_6$$

Stärke — Maltose — Dextrin — Zucker

Nun ist oben aber dargelegt, daß vorläufig kein Grund vorliegt, die Entstehung einer Zuckerart $C_6H_{12}O_6$ beim diastatischen Vorgange anzunehmen, denn es konnte weder Dextrose noch Levulose dabei nachgewiesen werden. Hieraus folgt, daß die Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ nicht damit in Einklang zu bringen ist, daß 2 Aeq. Stärke durch die Einwirkung der Diastase 1 Aeq. Wasser aufnehmen.

Vortrefflich mit der Wasseraufnahme würde die Formel $C_{18}H_{34}O_{17}$ für die Maltose in Einklang zu bringen sein; denn:

$$4\ C_6H_{10}O_5 + 2\ H_2O = C_{18}H_{34}O_{17} + C_6H_{10}O_5$$

Man könnte sich die Maltose, welche in ihren Eigenschaften — Reductionsvermögen, Löslichkeit, Rotationsvermögen — zwischen dem Dextrin und der Dextrose steht, denken als eine Aneinanderlagerung von 2 Dextrosegruppen $C_6H_{12}O_6$ und einer Dextringruppe $C_6H_{10}O_5$, so daß

$$2\ C_6H_{12}O_6 + C_6H_{10}O_5 = C_{18}H_{34}O_{17}$$

wäre. Damit würde sehr wohl in Uebereinstimmuug zu bringen sein, daß die Maltose $\frac{2}{3}$ des Reductionsvermögens der Dextrose besitzt, indem man sie bestehend denken kann aus 2 reducirenden Gruppen $C_6H_{12}O_6$ und einer nicht reducirenden $C_6H_{10}O_5$; ebenso stimmt damit überein, daß die Maltose durch Erhitzen mit Säuren im Verhältniß von 2:3 stärker reducirend wird, indem die

$C_6H_{10}O_5$-Gruppe hierdurch ein der Dextrose entsprechendes Reductionsvermögen erhielte.

B) Unter der Annahme, daß die Maltose als einziger reducirender Körper beim diastasischen Vorgange entsteht, kann man nach dem bekannten Reductionsvermögen derselben berechnen, in welchem Verhältniß zum Dextrin sie entsteht.

An einem konkreten Beispiel läßt sich die Rechnung am leichtesten durchführen.

Eine Maische aus Kartoffeln reducirte nach dem Invertiren auf 4·126 Grm. 1·952 Grm. Kupferoxyd, nach der Controlbestimmung von 4·171 Grm. 1·960 Grm. Kupferoxyd; danach sind in derselben auf 100 Grm. **19·25** Grm. Stärkemehl enthalten.

Ohne invertirt zu sein, reducirten 8·368 Grm. derselben Maische 1·9464 Grm. Kupferoxyd; 100 Grm. Maische würden demnach reducirt haben 23·260 Grm. Kupferoxyd; da 147 Theile reducirtes Kupferoxyd 100 Theile Maltose entsprechen, würden demnach in 100 Theile Maische 15·82 Grm. Maltose vorhanden sein.

100 Theile Stärkemehl werden beim Verzuckern zu 105·56 Theile Maltose + Dextrin, 19·25 Grm. Stärkemehl zu 20·32 M + D. Es bleiben also für Dextrin 20·32 − 15·82 = **4·50** Grm. Nach der Gleichung:

$$4\ C_6H_{10}O_5 + 2\ H_2O = C_6H_{10}O_5 + C_{18}H_{34}O_{17}$$

= 648 Stärkemehl + 36 Wasser = 162 Dextrin + 522 Maltose

müßten sich auf obige 19·25 Grm. Stärkemehl 15·5 Grm. Maltose und 4·8 Grm. Dextrin bilden, was mit den gefundenen Zahlen sehr gut übereinstimmt.

Hiernach würde zu schließen sein: beim Invertiren durch Diastase werden von 4 Aeq. Stärkemehl 3 in Maltose, 1 in Dextrin verwandelt. Dieser Gang der Zersetzung würde aber nur zu der Formel $C_{18}H_{34}O_{17}$ der Maltose stimmen.

C) Die durch Invertiren mit Schwefelsäure eintretende Verdoppelung des Reductionsvermögens der durch Diastase verzuckerten Stärke stimmt nur zu der Gleichung

$$4\ C_6H_{10}O_5 + 2\ H_2O = C_6H_{10}O_5 + C_{18}H_{34}O_{17}$$

Bei diesem Gang der Zersetzung werden zwei von den 4 nicht reducirenden Gruppen des Stärkemehls in reducirende verwandelt und in Maltose übergeführt

$$4\ C_6H_{10}O_5 + 2\ H_2O = C_6H_{10}O_5 + C_{18}H_{34}O_{17}$$

= 2 Reductions-Einheiten.

Durch Invertiren mit Schwefelsäure werden die 2 reducirenden Einheiten der Maltose zu 3 reducirenden, das vorher nicht reducirende Dextrin wird zu 1 reducirenden Einheit, zusammen 4 reducirende Einheiten gegen vorher 2, was den Erfordernissen der Formel entsprechen würde.

D) Da Maltose vollkommen vergährungsfähig ist, müssen nach der Gleichung

$$4\ C_6H_{10}O_5 + 2\ H_2O = C_6H_{10}O_5 + C_{18}H_{34}O_{17}$$

drei Viertel des Stärkewerthes zur Vergährung kommen, wenn man die Gährung unter Verhältnissen eintreten läßt, wo das Dextrin nicht von derselben ergriffen

wird. Es vergohren nun, als man in einem durch Malzinfus vermehrtem Gemisch die Nachwirkung der Diastase störte, in Procenten des eingemaischten Stärkewerthes (s. w. u. bei den Gährungsversuchen).

Reihe III. Versuch II. Diastase durch Aufkochen getödtet.

76·65 pCt.

Reihe III. Versuch III. Diastase durch Milchsäure getödtet.

73·80 pCt.

Hierdurch ist es wiederum sehr wahrscheinlich gemacht, daß Maltose nicht nur 2 Gruppen ($C_6H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_6 = C_{12}H_{22}O_{11}$) sondern deren 3 ($C_6H_{10}O_5 + 2\ C_6H_{12}O_6 = C_{18}H_{34}O_{17}$) enthält.

Die Revision der Formel der Maltose, welche mit $C_{12}H_{22}O_{11}$ zu keiner der oben besprochenen Zersetzungen stimmt, ist daher dringend nothwendig.

Ueberhaupt muß es befremden, daß wir über einen für die Physiologie der Pflanzen (beim Keimen) so wichtigen, für ganze Industriezweige (die Spiritusfabrikation und Brauerei) fundamentalen Vorgang noch so wenig im Klaren sind.

Eine gründliche Untersuchung dieses Vorganges soll in der nächsten Zeit dem Verfasser in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Pagel obliegen.

Einige andere, im Verlauf der Untersuchung gemachte Beobachtungen mögen hier angeschlossen werden.

Die Intensität der Einwirkung von Malzinfus auf verschiedene Arten von Stärke ist eine sehr verschiedene; hauptsächlich unterscheiden sich darin Weizen- und Kartoffelstärke. Während es mit Leichtigkeit gelingt, Kartoffelstärke-Kleister durch sehr geringe Malz-Infusmengen vollkommen zu verzuckern, ist dazu für Weizenstärke-Kleister eine weit längere Zeit nöthig. Durch möglichst geringe Mengen von Malzinfus wurde z. B. bei vergleichenden Versuchen Kartoffelstärke in 2 Stunden bei 60° C. so vollkommen verzuckert, daß Jod keine Reaktion mehr gab, während unter ganz gleichen Verhältnissen dieselbe Menge von Weizenstärke in den günstigsten Fällen nach 5 Stunden verzuckert wurde; in mehreren Fällen konnte die Ueberführung gar nicht vollständig erreicht werden. Es ist daher von einer Verwendung der Weizenstärke bei den Verzuckerungsversuchen ein für allemal abgesehen.

In der Zusammensetzung unterscheiden sich übrigens Kartoffel- und Weizenstärke durch einen verschiedenen Gehalt an Stärkemehlhüllen, welche sich bei der Einwirkung von Malzinfus nicht lösen; der einfache Augenschein lehrt, daß dieselben in der Weizenstärke in viel größerer Menge vorhanden sein müssen.

Die Bestimmung dieser Hüllen bot dadurch Schwierigkeiten, daß sich aus dem Malzextrakt allein beim Digeriren in der Verzuckerungstemperatur ein Coagulum abscheidet, welches den Gehalt an Stärkemehlhüllen zu hoch ausfallen lassen würde. Man war daher gezwungen, diese in einer Portion des Malzextraktes beim Digeriren für sich abgeschiedenen Mengen in Abzug zu bringen. Es wurden nun erhalten:

1. 5·00 Grm. Weizenstärke und 100 Cc. Malzinfus gaben 0·113 Grm. un-

löslichen Rückstand, davon schieden sich beim Digeriren von 100 Cc. Malzinfus für sich allein aus 0·0328 Grm., an Asche enthielt der unlösliche Rückstand 0·0118 Grm., bleiben für Stärkemehlhüllen **1·36** pCt.

2. 3·302 Grm. Weizenstärke gaben 0·1000 Grm. Rückstand mit 0·0315 Coagulum des Malzinfuses; der Rückstand war bei dieser Weizenstärke aschenfrei; bleiben für Stärkemehlhüllen **1·37** pCt.
3. 5 Grm. Kartoffelstärke gaben 0·0470 Grm. Rückstand mit 0·0315 Grm. Coagulum des Malzinfuses und 0·0030 Grm. Asche = **0·25** pCt. Hüllen.
4. 5 Grm. Kartoffelstärke gaben 0·0475 Grm. Rückstand mit 0·0315 Grm. Coagulum des Malzinfuses und 0·0020 Grm. Asche = **0·28** pCt. Hüllen.

Die Kartoffelstärke enthielt daher nur 0·27 pCt. Hüllen gegen 1·37 pCt. der Weizenstärke.

An dieser Stelle mögen auch die vorhandenen Bestimmungen über das Verhältniß von Zucker zu Dextrin in den vergohrenen Maischen angeschlossen werden.

Altes Verfahren.

		Z + D	Z	Z : D = 1
Nedlitz	I.	4·25	1·68	1·53
	II.	3·02	1·24	1·44
	III.	2·84	1·34	1·12
Hohenziatz		3·90	1·31	1·98
Möckern		5·57	2·63	1·12

Hollefreund'sches Verfahren.

Trotha	I.	1·32	0·35	2·77
	II.	1·32	0·27	3·89

Bohm'sches Verfahren.

Kötschau	1·62	0·36	3·48
Belgershain	0·84	0·33	1·60

Henze'sches Verfahren.

Otterwisch	1·96	0·58	2·36
Emersleben	1·06	0·26	3·07
Röderhof	1·51	0·66	1·31

Auf das Ziehen einer Mittelzahl muß man nach den großen Verschiedenheiten der einzelnen Zahlen verzichten. Im Allgemeinen geht jedoch aus den obenstehenden Angaben hervor, daß in den vergohrenen Maischen ein weiteres Verhältniß zwischen Z und D vorhanden ist, als in denselben Maischen vor der Gährung. Da es natürlich ist, daß der direkt gährungsfähige Zucker (resp. Maltose) schneller verschwindet, als das erst in der Nachgährung der Zersetzung anheimfallende Dextrin, kann dem auch nicht anders sein.

Auf 100 Liter Maischraum wurden folgende Kartoffelmengen eingemaischt.

Altes Verfahren.

Nedlitz . . .	I.	71·7	
	II.	74·8	73·2 Kilo.
	III.	73·0	
Hohenziatz . . .		71·2	71·2 Kilo.
Möckern. . . .		77·5	77·5 Kilo.
		Mittel	**74·0** Kilo.

Hollefreund'sches Verfahren.

Trotha . . .	I.	58·0	
	II.	58·0	58·0 Kilo.
Salzmünde .	I.	58·2	
	II.	58·2	58·2 Kil
	III.	58·2	
Zabitz . . .	I.	62·5	
	III.	61·5	62·0 Kilo.
		Mittel	**59·4** Kilo.

Bohm'sches Verfahren.

Kleinhof	63·6	63·6
Kötschau	70·0	70·0
Belgershain . . .	67·6	67·6
	Mittel	**67·1** Kilo.

Henze'sches Verfahren.

Otterwisch . . .	70·0	70·0
Emersleben . . .	64·4	64·4
Röderhof	76·0	76·0
	Mittel	**70·1** Kilo.

Im Allgemeinen darf man aus den vorstehenden Zahlen wohl schließen, daß nach den alten Verfahren dicker gemaischt wurde, als nach den neuen. Von letzteren scheint bei dem Henze'schen Verfahren wiederum am Dicksten gemaischt zu werden. In wiefern dieses ein Vortheil für den Betrieb ist, muß dahin gestellt bleiben, da bei zu concentrirter Maischung ohne Zweifel eine Materialverschwendung getrieben wird. Andererseits ist es aber, bei dem bestehenden Modus der Maischraumbesteuerung, ein Erforderniß, daß der Gährraum gehörig ausgenutzt werde, um aus einem gegebenen Gährraum, ohne Rücksicht auf die bis zu einem gewissen Grade betriebene Materialverschwendung einen möglichst hohen Alkoholertrag zu erzielen.

Uebrigens sind die nach dem alten Verfahren eingemaischten Materialmengen zum Theil nur anscheinend stärker; denn rechnet man nach den Stärkemengen, welche wirklich zur Einmaischung kamen, so erhält man folgende Zahlen:

Altes Verfahren.

	100 Lit. Maische enthielten an Stärkewerth		
Nedlitz I . . .	19·0	Kilo	
„ II . . .	19·3	„	
„ III . . .	17·9	„	
Hohenziatz . . .	19·0	„	
Möckern . . .	17·9	„	Mittel **18·6** Kilo.

Hollefreund'sches Verfahren.

Trotha I	17·7	Kilo	
„ II	18·0	„	
„ III	16·9	„	
Zabitz I	18·4	„	
„ II (Mais) .	16·9	„	
„ III	15·9	„	
Salzmünde I . . .	17·9	„	
„ II . . .	15·4	„	
„ III . . .	17·0	„	
Trotha I 8. Jan. 73 .	20·8	„	
„ II	22·1	„	
Novbr. 73 .	17·3	„	
„ März 74 .	20·0	„	
Trotha Mais . . .	16·9	„	
„ Mais u. Kart.	19·5	„	Mittel **18·1** Kilo.

Bohm'sches Verfahren.

Kleinhof	15·8	Kilo	
Kötschau	15·9	„	
Belgershain . . .	16·9	„	Mittel **16·2** Kilo.

Henze'sches Verfahren.

Otterwisch	18·5	Kilo	
Emersleben . . .	18·3	„	
Röderhof	20·3	„	Mittel **19·0** Kilo.

In welchem Verhältniß steht Saccharometerangabe und wirklicher Zuckergehalt in den verschiedenen Maischen?

Die nachstehenden Verhältnißzahlen beziehen sich auf die Zuckermengen, welche man durch Invertiren mit Schwefelsäure erhält.

1) Kartoffelmaischen.

	Saccharometer-angabe.	Zuckergehalt pCt.	Von 100 Th. Sacch. waren wirklich Zucker.
Altes Verfahren			
Nedlitz I	22·75	22·28	97·9
„ II	23·25	22·33	96·0
„ III	23·25	20·96	90·2
Hohenziatz	24·00	21·23	88·5
Möckern	24·25	21·25	87·6
Conradsdorf	24·40	22·94	94·0
	23·20	21·81	94·0
	23·20	21·81	94·0
		Mittel	92·8 Th.
Hollefreund'sches Verfahren			
Trotha I	20·20	18·35	90·8
„ II	20·30	19·05	93·8
Zabitz	20·50	19·83	96·7
Salzmünde I	19·80	17·92	90·5
„ II	18·00	15·90	88·3
„ III	19·00	17·58	92·5
Trotha 8. Jan. 1873	22·50	21·46	95·4
„	23·60	22·81	96·7
„	22·20	20·27	91·3
„ 10. Nov. 1873	23·5	21·30	90·6
„ 7. März 1874	23·5	22·55	96·0
		Mittel	93·0 Th.
Bohm'sches Verfahren			
Kleinhof	18·3	16·91	92·4
Kötschau	18·0	17·32	96·2
Belgershain	20·6	19·56	95·0
		Mittel	94·5 Th.
Henze'sches Verfahren			
Otterwisch	21·80	20·65	94·7
Emersleben	22·10	20·72	93·8
„	21·60	20·30	94·0
„	21·40	20·05	93·7
Röderhof	22·30	21·39	96·4
Merzien	20·30	19·07	93·9
Emersleben	18·40	17·98	97·7
Nedlitz	20·00	18·51	92·6
Lwowski's Verf.	17·00	16·03	94·3
		Mittel	94·6 pCt.

Gesammtmittel für die Kartoffelmaischen:
100 Saccharom. = 93·5 Th. Zucker.

2) Maismaischen.

Hollefreund'sches Verfahren			
Zabitz	17·40	17·16	98·6
Benkendorf	18·40	18·15	98·6
	13·70	13·43	98·0
Trotha	19·60	19·45	99·2
		Mittel	98·6
Bohm'sches Verfahren			
Belgershain	20·20	20·00	99·5
Henze'sches Verfahren			
Lwowski	14·80	14·68	99·2

Gesammtmittel für die Maismaischen:
100 Saccharom. = 98·8 Th. Zucker.

3) Roggenmaischen.

Benkendorf a	19·0	15·98	84·1
„ b	20·0	16·91	84·6
		Mittel	84·4

Nach den vorstehenden Zahlen darf man abgerundet von der Saccharometerangabe

bei Kartoffelmaischen 94 pCt.
„ Maismaischen . 99 „
„ Roggenmaischen 85 „

als vergährungsfähiges Material aussprechen. Die Saccharometerangabe ist daher in Maismaischen fast genau mit dem Zuckergehalt übereinstimmend; der Grund hierfür mag mit an dem Fett-Gehalt der Maismaischen liegen.

In den vergohrenen Maischen ist das Verhältniß von Saccharometerangabe: Zuckergehalt natürlich ein ganz anderes, da in der Gährung nur der Zucker (resp. das Dextrin) verschwindet und damit ein weiteres Verhältniß von Saccharometerangabe und Zuckergehalt eintritt. Zahlenzusammenstellungen, die man nach der vorliegenden Arbeit in angedeuteter Weise machen könnte, sind jedoch hier gegenstandslos, da das Verhältniß je nach dem Grade der Vergährung schwankt und dazu noch das specifische Gewicht und somit die Saccharometerangabe von einem höheren oder niedrigeren Alkoholgehalt abhängig ist.

III. Der Proceß der Kühlung auf die Gährungstemperatur.

Die bei dem Proceß der Kühlung auf die Gährungstemperatur eintretenden Veränderungen können, soweit uns bekannt ist, entweder in einer Sauerstoffabsorption oder in einer Säurebildung bestehen. Zur Feststellung der ersteren fehlt es uns vorläufig an einer analytischen Methode; über die letztere sind nachstehende Bestimmungen ausgeführt.

Vergleichend wurden Maischen vor dem Hefezusatz untersucht, welche

I. Zu Neblitz mit dem Nägeli'schen Röhrenkühler,

II. Zu Hohenziatz auf einem flachen, eisernen Kühlschiff,

III. Zu Möckern auf einem hölzernen, flachen Kühlschiff gekühlt waren.

Es zeigten nun die Maischen:

Gekühlt	vor	nach der Kühlung.
I mit dem Röhrenkühler . .	$\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$°	$\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$° Oxym.
II mit einem eisernen Kühlschiff	$\frac{3}{4}$°	$1\frac{1}{4}$° „
III mit „ hölzernen „	$\frac{3}{4}$°	$1\frac{1}{2}$° „

Es hatte also stattgefunden eine Säurezunahme bei

I von 0° Oxym. = 0·0 Grm. Milchsäure per Liter
II „ $\frac{1}{2}$° „ = 1·041 „ „ „ „
III „ $\frac{3}{4}$° „ = 1·561 „ „ „ „

Obige Zahlen zeigen, daß bei dem alle äußeren Einflüsse fernhaltenden, verschlossenen Nägeli'schen Kühler gar keine, bei den offenen Kühlschiffen aber keine ganz unerhebliche Säurezunahme eintrat. Der Röhrenkühler ist also in dieser Beziehung den offenen Kühlschiffen vorzuziehen.

IV. Der Proceß der Gährung.

a) Die Rolle der Diastase während der Gährung.

Bei der Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl entstehen, soweit wir es bis jetzt wissen, eine direct vergährbare Zuckerart — die Maltose — und ein Körper, dessen Verhalten in der Gährung einer besonderen Prüfung bedarf — das Dextrin. Ueber letzteres existiren nämlich widersprechende Angaben. Biot und Persoz (Annales de chimie et physique, 1833, Bd. 53, 83) führen an, daß das von ihnen, allerdings nicht mit Sorgfalt gereinigte und daher möglicherweise zuckerhaltige Dextrin vergährbar sei. Später fanden Payen und Persoz (Ann. de chimie et phys. 1834. Bd. 56 S. 361 u. 1866. Bd. 61, 372) daß das durch zehnmaliges Lösen in Wasser und Ausfällen mit Alkohol gereinigte Dextrin nicht in Gährung übergehe. Zu demselben Resultat gelangte auch Guérin-Varry (A. a. O. 1835. Bd. 60. 69). In neuerer Zeit ist diese Frage von Barfoed (Jour. f. prakt. Chemie 1873, Bd. 6, S. 334) wiederum bearbeitet und zwar mit widersprechendem Resultat. Barfoed fand, daß sein durch zwölfmaliges Ausfällen mit Weingeist gereinigtes Dextrin durch Hefe in Gährung versetzt wurde, und dabei Alkohol und reine Kohlensäure entwickelte. Bei 2 mit Messung der Kohlensäure verbundenen Versuchen waren hierbei: von 0·5 Grm. Dextrin in 28 Stunden 20 Cc. Kohlensäure entwickelt und danach ungefähr 13 pCt. des Dextrins durch die Gährung zerstört. Eine Zuckerbildung hatte dabei nicht stattgefunden.

Eine längere Fortsetzung des Versuches zeigte, „daß die Gährung langsam, aber ziemlich gleichmäßig fortschritt", nach 14 Tagen hatten sich aus 0·5 Grm.

Dextrin 40 Cc. Kohlensäure entwickelt, entsprechend einer Vergährung des Dextrins von 26 pCt.

Die Barfoed'schen Versuche scheinen in der That für eine gewisse directe Vergährbarkeit des Dextrins zu sprechen, indessen reicht die Intensität der Vergährbarkeit keineswegs aus, es erklärbar finden zu lassen, daß in der Praxis nicht nur wenige Procente, sondern fast die Gesammtmenge des in den Maischen neben der Maltose vorkommenden Dextrins in der kurzen Gährungszeit — die eigentliche Gährung beginnt ungefähr 24 Stunden nach dem Anstellen der Maischen und ist nach weiteren 24 Stunden so gut wie beendet — zersetzt wird. Bei den Barfoed'schen Versuchen ist es übrigens als auffallend zu bezeichnen, daß im Anfang eine weit lebhaftere Vergährung des Dextrins eintrat, als im späteren Verlauf; so waren z. B. nach 28 Stunden schon 20 Cc. Kohlensäure entwickelt, nach 14 Tagen war aber diese Menge nur auf 40 Cc. angewachsen. Man muß daher an dieser Stelle sorgfältig in Erwägung ziehen, ob die Barfoed'schen Versuche vollkommen vorwurfsfrei sind. Jeder Einwurf gegen dieselben würde abgeschnitten sein, wenn das zu den Barfoed'schen Versuchen benutzte Dextrin vollkommen frei von Traubenzucker und Maltose gewesen wäre, also von Substanzen, welche sehr zur Gährung geneigt sind; war das Barfoed'sche Dextrin nicht vollkommen frei davon, dann konnte es erklärlich erscheinen, daß im Anfang eine hierdurch veranlaßte, lebhaftere Gährung eintrat.

Barfoed bediente sich nun zur Prüfung seines Dextrins auf Reinheit einer schwach essigsauren Lösung von neutralem, essigsaurem Kupferoxyd (1 Theil in 15 Theile Wasser gelöst und 200 Cc. dieser Lösung mit 5 Cc. Essigsäure von 38 pCt. [Acetum concentratum] versetzt). Diese Lösung wird von Dextrose (Traubenzucker) reducirt, während dasselbe von Dextrin nicht geschieht. Die Fehling'sche Lösung wird von Barfoed als unbrauchbar erklärt, um einen Zuckergehalt im Dextrin nachzuweisen, weil dieselbe in Folge der Entstehung von Zucker durch Dextrin immer sehr erheblich reducirt wurde, wo durch neutrales essigsaures Kupfer keine Reduction mehr eintrat.

Bei den Prüfungen mit seinem Reagens hat jedoch Barfoed übersehen, daß dasselbe allerdings, wie der Verfasser aus eigener Erfahrung bestätigen kann, auf die geringsten Spuren von wirklicher Dextrose vorzüglich reagirt, daß es jedoch gegen die Maltose, welche Fehling'sche Lösung mit Leichtigkeit reducirt, sehr unempfindlich ist, und vielleicht von vollkommen reiner Maltose gar nicht reducirt wird.

Bei concentrirteren Lösungen der Maltose tritt allerdings eine geringe Ausscheidung von Kupferoxydul ein, indessen kann dieselbe auch alsdann durch eine stattgefundene Invertirung der Maltose verursacht sein.

Bei Maltose- und Dextrose-Lösungen von genau gleicher Stärke ist jedoch sofort nach dem Erwärmen der mit dem Barfoed'schen Reagens versetzten Lösungen der Unterschied in die Augen fallend, bei Dextrose-Lösungen eine momentane Reduction, bei Maltose-Lösungen keine Veränderung. Nach dem In-

vertiren mit Schwefelsäure verhält sich die Maltose anders, indem sie nun ein der Dextrose vollkommen gleichstehendes Reductionsvermögen erhalten hat.

Das Verhalten der Maltose scheint demjenigen des Milchzuckers ähnlich zu sein. Barfoed giebt darüber an, daß letzterer sich sowohl gegen das neutrale wie mit etwas freier Säure versetzte Reagens verhalte wie das Dextrin, d. h. nicht reducire. Die Milchzuckerlösung dürfe jedoch nicht sehr stark sein, denn in solchem Falle könne sie die saure Lösung reduciren.

Jedenfalls ist danach die Maltose von einer sehr geringen oder gar keiner Reactionsfähigkeit auf das Barfoed'sche Reagens und dieses ist ungeeignet, Verunreinigungen anderer Substanzen mit Maltose nachzuweisen.

Damit erwächst den Barfoed'schen Versuchen der Vorwurf, daß die Abwesenheit der direct gährungsfähigen Maltose bei den Prüfungen des Dextrins auf Gährungsfähigkeit nicht exact geführt ist. Das Dextrin war von Barfoed z. Th. aus Handelsdextrin (auf trockenem Wege), z. Th. aus Stärke und Malz bereitet. Bei letzterem Verfahren ist es selbstverständlich, daß sich Maltose gleichzeitig bildete und das Dextrin anfangs verunreinigte — ob dasselbe bei der späteren, oftmals wiederholten Reinigung, vollkommen entfernt war, ist fraglich und konnte jedenfalls nicht durch das Barfoed'sche Reagens nachgewiesen werden. Auch bei dem auf trockenem Wege bereiteten „Handelsdextrin" ist ein Gehalt an Maltose nicht ausgeschlossen — entsteht doch z. B. auch bei der unvollkommenen Invertirung von Stärke durch verdünnte Säuren Maltose (Dubrunfaut). Und damit ist die Beweiskraft der Barfoed'schen Versuche sehr abgeschwächt.

Barfoed betont außerdem, um die directe Vergährbarkeit des Dextrins nachzuweisen, daß während und nach der Gährung seines Dextrins eine Umwandlung in Zucker nicht erfolgt sei. Der Nachweis ist jedoch nur mit essigsaurem Kupfer geführt, und da dieses Reagens, gelinde ausgedrückt, für Maltose kein scharfes Reagens ist, kann Barfoed sehr wohl einen eventuellen Maltosegehalt seiner Gährungsflüssigkeiten übersehen haben.

Da man nun geringe Mengen von Maltose in einem Dextrin nicht durch das Barfoed'sche Reagens nachweisen kann, ist es zweifelhaft, ob die durch Fehling'sche Lösung in dem oftmals gereinigten Dextrin eintretende Reduction durch eine Umsetzung des Dextrins zu Zucker oder Maltose, oder aber durch einen trotz der Reinigung demselben verbliebenen Zucker- oder Maltosegehalt verursacht ist. Vorläufig fehlt es, da das auf Dextrose so empfindlich reagirende Barfoed'sche Reagens hier versagt, vollkommen an einem Mittel zur Entscheidung dieser Frage.

Die zuerst energischer eintretende Gährung des Dextrins kann immer noch auf einem Gehalt desselben an Maltose beruht haben, und es ist sehr leicht möglich, daß sich die Intensität der Dextringährung, die nach den Barfoed'schen Versuchen ohnehin nicht sehr groß war, noch weit geringer gestaltet als

Barfoed fand und für die Gährungszeit der Praxis als kaum mitwirkend betrachtet werden muß.

Der aus den vorstehenden Erörterungen folgende Schluß liegt auf der Hand: da in der Praxis in einer effectiven Gährungszeit von 24 Stunden sowohl das direct vergährbare Material — die Maltose — wie das für sich allein wenig vergährbare Dextrin zerstört wird, muß eine Umwandlung des Dextrins in leichter vergährbares Material während der Gährung erfolgen.

Diese Umwandlung des Dextrins während der Gährung kann nur der Diastase zugeschrieben werden, da dieselbe in den Maischen der Praxis im wirksamen Zustande verblieben ist. Eine jede normal bereitete Maische verzuckert nämlich noch sehr große Mengen von Stärkemehl, wie man sich leicht durch Versuche überzeugen kann.

Eine experimentelle Bearbeitung der Frage von der Nachwirkung der Diastase mußte daher von folgenden Gesichtspunkten ausgehen.

1) Wirkt Diastase invertirend auf Dextrin?

2) Wie gestaltet sich die Vergährung des Dextrins bei Zusatz von Diastase?

Nachstehende Versuche sind hierüber zu Halle von Dr. Delbrück angestellt. Die erste Aufgabe mußte darin bestehen, ein möglichst reines Dextrin herzustellen; es gelang jedoch niemals, auch bei 8—10maligem Ausfällen desselben mit Alkohol, ein Präparat zu erhalten, welches vollkommen frei von reducirenden Substanzen war. Das reinste Dextrin reducirte aus Fehling'scher Lösung immer noch eine 9 pCt. Dextrose entsprechende Kupferoxydmenge, dasjenige, welches zu der Mehrzahl der nachstehenden Versuche verwendet ist, aber noch 12 pCt. Es kann nun freilich nicht mit Bestimmtheit ausgesprochen werden, daß das Dextrin diese Zuckermengen noch wirklich enthalten habe, es ist im Gegentheil die Möglichkeit nicht abzustreiten, daß durch Fehling'sche Lösung Dextrin in Zucker verwandelt wird — indessen sind die nachstehenden Versuche doch zur Beurtheilung der Frage brauchbar, da die Bestimmung des Reductionsvermögens nach dem Invertiren auf genau gleiche Weise geschehen ist, wie die Prüfung des Dextrins auf reducirende Substanzen, und wenn ein Dextrin, welches vor dem Invertiren eine 12 pCt. Dextrose entsprechende Kupferoxydmenge reducirte, nach dem Invertiren durch Malzinfus nun 40 pCt. reducirt, so ist der Schluß gewiß berechtigt, es sei in diesem Falle eine erhebliche Invertirung des Dextrins erfolgt.

Die ersten Versuche wurden mit einer Diastase ausgeführt, welche nach von Wittich's Verfahren durch Glycerin aus Malz extrahirt war. Diese Fermentlösung schien sich besonders zu den Versuchen zu eignen, weil sie relativ wenig Zucker enthielt — die vorliegende nur 2·150 pCt. —; der Versuchsfehler ist natürlich um so kleiner, je größere Mengen von Zucker man für die zugesetzte Diastase in Abzug zu bringen hat.

I. Versuchsreihe. Hierzu diente ein durch Einwirkung von Oxalsäure auf Stärkemehl erhaltenes Dextrin, dasselbe reagirte gegen Jod violetroth.

a) 1·768 Grm. dieses Dextrins wurden mit 1·802 Grm. Glycerin-Diastase

(zu 2·15 pCt. Z = 0·03874 Grm. Z) und 50 Cc. Wasser bei 65° C. 3 Stunden digerirt. Durch Titration wurden 0·5686 Grm. Zucker — 0·03874 Grm. aus der Diastase = 0·52986 Grm. gefunden = 29·95 pCt.

b) 1·888 Grm. + 1·907 Glycerindiastase mit 0·0410 Grm. Zucker = 0·6397 Grm. Z = 0·0410 Grm. Z = 0·5987 Grm. = 31·72 pCt. Z.

II. Versuchsreihe. Hierzu diente ein aus Stärkemehl durch Malzextract dargestelltes Dextrin, dasselbe wurde durch Jod nicht gefärbt (Achroodextrin), es enthielt 12·09 pCt. Z (durch Fehling'sche Lösung bestimmt).

a) Es wurde bei 53° C. 5 Stunden digerirt. 50 Cc. Wasser, 0·962 Grm. Dextrin + 1·041 Grm. Diastase = 0·13393 Grm. Z — 0·02238 Grm. = 0·11155 = **12·23** pCt.

b) Es wurde bei 53° C. 10 Stunden digerirt. 50 Cc. Wasser, 0·965 Grm. Dextrin + 1·218 Grm. Diastase = 0·14310 Grm. Z — 0·026187 = 0·11641 = **12·12** pCt.

c) Es wurde bei 40° C. 6 Stunden digerirt. 50 Cc. Wasser, 1·022 Grm. Dextrin + 1·064 Grm. Diastase = 0·15140 Grm. Z — 0·022876 = 0·12852 = **12·57** pCt.

Da das Dextrin in diesem Falle bereits 12 pCt. Zucker enthalten hatte, war eine Vermehrung dieser ursprünglichen Menge nicht eingetreten. Es ist daraus zu ersehen, daß sich die verschiedenen Modificationen des Dextrins nicht gleichmäßig gegen Diastase verhalten, denn das Erythrodextrin wurde durch die Glycerindiastase noch sehr erheblich invertirt, während das Achroodextrin nicht verändert wurde. Man durfte jedoch aus dem Resultat der zweiten Versuchsreihe noch nicht auf die absolute Unwirksamkeit der Diastase auf das Achroodextrin — und um diese Modification des Dextrins handelt es sich ausschließlich bei normalen Maischen — schließen, denn aus vergleichenden Versuchen war bekannt, daß die verzuckernde Kraft des Glycerin-Auszuges weit schwächer sei als diejenige eines frisch bereiteten Malzinfuses.

Die Versuchsreihe II wurde daher mit einem aus 100 Grm. Grünmalz und 1 Liter Wasser frisch bereitetem Malzinfus und demselben Achroodextrin mit 12 pCt. Zucker wiederholt. Die Zuckerbestimmung in dem Malzinfus geschah so, daß eine der zur Invertirung zugesetzten gleiche Menge für sich die gleiche Zeit bei der gleichen Temperatur wie die Invertirungsflüssigkeit digerirt wurde.

III. Versuchsreihe.

	Verdünnung mit Cc. Wasser.	Temperatur ° C.	Zeitdauer des Vers. St.	Malzinfus Cc.	Dextrin angewendet Grm.	Zucker entstanden	Zucker im Malzinfus =		Auf 100 Th. Dextrin kommt Zucker.
1)	100	60	10	50	1·017	0·60736	− 0·31656	= 0·29080	= 28·59
2)	100	60	10	50	1·090	0·65291	− 0·32242	= 0·33049	= 30·32
3)	100	60	10	100	0·9590	1·06598	− 0·63699	= 0·42899	= 44·73
4)	100	67	10	50	0·551	0·52233	− 0·32043	= 0·20191	= 34·83
5)	200	67	10	100	0·692	0·98553	− 0·64084	= 0·34469	= 49·81
6)	250	65	10	150	0·507	1·08819	− 0·91104	= 0·17715	= 34·93
7)	dieselbe Probe nach 40stündigem Stehen im Keller					1·13085	− 0·91104	= 0·21981	= 43·40
8)	100	41	3	50	0·555	0·31656	− 0·21315	= 0·10341	= 18·63
9)	100	41	6	50	0·5075	0·40967	− 0·24225	= 0·16742	= 32·99

Gegen den ursprünglichen Zuckergehalt von 12 pCt. ist daher eine sehr erhebliche Vermehrung bei allen Versuchen zu constatiren. Allerdings muß zugegeben werden, daß die Einwirkung der Diastase auf das Dextrin weit weniger energisch ist als diejenige auf Stärkemehl. Nach 3 Stunden enthielt z. B. das entstandene Product bei Versuch 8 18·63 pCt. Zucker, während diese Zeit bei der relativ großen Menge von Malzinfus für die vollständige Invertirung von Stärke (bis auf 55 pCt. Z) ausgereicht haben würde; nach 6 Stunden war die Zuckermenge auf 32·99 pCt. angewachsen. Bei den Versuchen, welche unter sonst gleichen Verhältnissen mit größeren oder geringeren Mengen Malzinfus angestellt waren, zeigen die mit größeren Mengen Malzinfus angestellten meistens eine stärkere Zuckerbildung.

Versuch 2) 50 Cc. Malzinfus = 30·32 pCt. Z.
„ 3) 100 „ „ = 44·73 „ „

Versuch 4) 50 Cc. Malzinfus = 34·83 pCt. Z.
„ 5) 100 „ „ = 49·81 „ „

Eine Ausnahme bildet nur Versuch 5, wo trotz der 150 Cc. Malzinfus nur 34·93 pCt. Zucker, welche allerdings bei 40stündigem Stehen in der Kälte auf 43·40 pCt. anwuchsen, gebildet wurden.

Jedenfalls wurden aber in allen Fällen durch das frisch bereitete Malzinfus sehr erhebliche Mengen von Achroodextrin invertirt. Die Verschiedenheit der Wirkung von Glycerinextract und frisch bereitetem Malzinfus, sowie die immerhin zuzugebende Schwierigkeit der Invertirung des Dextrins, scheint dafür zu sprechen, daß man Dextrin nur unter den der Diastasewirkung günstigsten Verhältnissen zum Invertiren bringen kann. Damit scheint übereinzustimmen, daß Musculus[1]), welcher offenbar unter ungünstigen Verhältnissen operirte, denn er erhielt durch Diastasewirkung auf Stärkemehl immer nur ein Verhältniß von Z : D = 1 : 2, während es bei günstigen Verhältnissen mit Leichtigkeit gelingt,

1) Annales de chim. et phys. 1860. Bd. 60. p. 203.

ein solches von 1 : 1 zu erhalten, keine Wirkung der Diastase auf das Dextrin constatiren konnte.

Dagegen erhielt Payen bei 2 Versuchen eine nicht unerhebliche, 20 und 26 pCt. betragende Invertirung von Dextrin. Payen's Versuche sind allerdings nicht ganz vorwurfsfrei, da der eine derselben mit Handelsdextrin (Gommeline), der andere mit einem durch die Malzwirkung erzeugten Dextrin, welches durch Gährung von Zucker befreit war (!), angestellt ist. Nach der dem Verf. allerdings nur in der Uebersetzung in Dingler's polyt. Journ. 1865. Bd. 178. S. 69 vorliegenden Arbeit Payen's ist nicht zu ersehen, in wie weit die Materialien zuckerfrei waren; daher wurden die obenstehenden Versuche angestellt, welche die Richtigkeit von Payen's Angaben darthaten.

2) Wie gestaltet sich die Vergährung des Dextrins mit oder ohne Zusatz von Diastase?

Die Versuche in dieser Richtung sind ebenfalls von Dr. M. Delbrück zu Halle ausgeführt.

Der Versuchsplan war so aufgestellt, daß zuerst Dextrin ohne alle Zusätze auf seine Vergährbarkeit geprüft wurde; demselben Dextrin wurde alsdann Malzinfus zugesetzt und wiederum die Vergährbarkeit geprüft; bei 2 anderen Versuchen wurde endlich Malzinfus vor der Gährung zugesetzt, aber die Wirksamkeit desselben durch Aufkochen in dem einen, Milchsäurezusatz in dem anderen Falle getödtet.

Mit 2 Kartoffelmaischen aus der Praxis wurden alsdann diese Versuche wiederholt.

Zunächst mag eine einfache Beschreibung der Versuche voraufgehen.

Versuch I. sollte darthun, ob die Hefe bei Gegenwart von so großen Mengen von Milchsäure, wie sie zu den späteren Versuchen zugesetzt wurden, ihre vergährende Kraft normal zur Geltung bringen könne.

2·012 Grm. Dextrose wurden daher mit 10 Cc. 5procentiger Milchsäure = 0·5 Grm. 20 Cc. Malzinfus (100 Grm. Grünmalz p. Liter) und 20 Cc. aufgeschlämmter Hefe versetzt. Die Hefe stammte aus einer Brauerei; dieselbe wurde frisch ausgewaschen, bis auch nach dem Erhitzen mit Schwefelsäure keine Reduction von Fehling'scher Lösung eintrat, alsdann auf Backsteinen von dem größten Theil des anhängenden Wassers befreit und in diesem Zustande, mit Wasser zu einem dünnen Brei aufgeschlämmt, verwendet.

Bei 36° C. im Thermostaten ging die obige Mischung sofort in stürmische Gährung über. Der Verlauf der Gährung war schnell ohne eine merkliche Nachgährung. Alkohol- und Zuckerbestimmungen brauchten nicht ausgeführt zu werden, da durch diesen Versuch evident erwiesen war, daß die Milchsäure die Gährung nicht gestört hatte.

Versuch II. 2·029 Grm. Dextrin (mit 9·6 pCt. Zucker resp. Maltose) wurden mit 10 Cc. 5proc. Milchsäure, 20 Cc. Malzinfus und 20 Cc. Hefeschlamm versetzt. Eine Gährung trat hierbei nur sehr schwach ein.

Nach 3 Tagen wurde der Versuch abgebrochen, die Hefe lag abgestorben am Boden.

2·029 Grm. des verwendeten Dextrins hatten enthalten:

	1·948 Grm.	Dextrin	und	0·195 Grm.	Zucker
in 20 Cc. Malzinfus waren	0·135 „	„	„	0·150 „	„
vor d. Gährung vorhanden	2·083 Grm.	Dextrin	und	0·345 Grm.	Zucker.
nach der Gährung enthielt die Lösung	1·970 Grm.	Dextrin	und	0·088 Grm.	Zucker.
es waren also vergohren .	0·113 Grm.	Dextrin	und	0·257 Grm.	Zucker.

d. h. in Procenten von dem ursprünglich vorhandenen:

Dextrin 5·4 pCt.

Zucker 74·5 „

Unter der Annahme, daß der Zucker des Dextrins und des Malzinfuses Maltose gewesen ist (s. w. u.), würde bei diesem Versuch gar keine Vergährung des Dextrins herauskommen.

An Alkohol hatten sich gebildet 0·247 Grm. Nach dem vergohrenen Zucker und Dextrin hätten sich nur 0·19 Grm. Alkohol bilden dürfen, der geringe Ueberschuß dürfte wohl von der Selbstgährung der Hefe (Pasteur) herrühren. Jedenfalls war aber bei diesem Versuch eine erhebliche Vergährung des Dextrins nicht eingetreten. Der folgende Versuch beweist, daß dieselbe nur durch die Milchsäure mit ihrer die Diastase tödtenden Wirkung verhindert sein konnte.

Versuch III wurde unter genau denselben Verhältnissen wie Versuch II. mit der alleinigen Ausnahme, daß der Milchsäurezusatz fortfiel, ausgeführt.

2·080 Grm. Dextrin (zu 9·6 pCt. Zucker) wurden mit 20 Cc. Malzinfus und 20 Cc. Hefeschlamm angestellt. Die Gährung begann sofort sehr lebhaft, fast in derselben Weise, wie bei Versuch I. (mit Dextrose). Ein Unterschied zeigte sich jedoch im Verlauf der Gährung, indem eine lang andauernde Nachgährung eintrat.

Nach 3 Tagen schien die Gährung beendet; in der Flüssigkeit wurde nach dem Invertiren mit Schwefelsäure Z + D bestimmt.

Vor der Gährung

2·080 Grm. Dextrin =	1·880 Grm.	Dextrin	u.	0·200 Grm.	Zucker
20 Cc. Malzinfus =	0·135 „	„	„	0·150 „	„
	2·015 Grm.	Dextrin	u.	0·350 Grm.	Zucker.

Vor der Gährung in Summa Zuckerwerth 2·589 Grm. Zucker

Nach „ „ „ „ „ 0·416 „ „

also vergohren . . . . . 2·173 Grm. Zucker.

von dem vor der Gährung vorhandenen Z + D sind danach **83·9** pCt. vergohren.

Das Dextrin war also in diesem Falle zum allergrößten Theil durch die Gährung mit zerstört. Der Grund der Abweichung von dem vorhergehenden Versuche ist in die Augen fallend: es fehlte bei dem Versuch III. der Milchsäurezusatz, die Diastase hatte ihre verzuckernde Wirkung auf

das Dextrin ausüben können, der entstandene Zucker war der Gährung anheimgefallen, während bei Versuch II. eine solche Verzuckerung während der Gährung durch den dort stattgefundenen Milchsäurezusatz verhindert war.

Zweite Versuchsreihe.

Versuch I. Dextrin mit Malzinfus. 5·614 Grm. Dextrin (zu 9·6 pCt. Zucker) wurden mit 20 Cc. Malzinfus, mit 0·0602 Grm. Zuckerwerth (Z + D) = 0·0542 Grm. Dextrinwerth und 30 Cc. Hefeschlamm versetzt. Bei 36° C. begann die Gährung sofort sehr lebhaft; nach 12 Stunden war die Hauptgährung beendet, nach 64 Stunden wurde der Versuch beendet.

Vor der Gährung in 5·614 Grm. Dextrin = 5·075 Grm. Dextrin, 0·539 Grm. Zucker
„ 20 Cc. Malzinfus = 0·054 „ „
5·129 Grm. Dextrin, 0·539 Grm. Zucker.

Vor der Gährung Summa . .	5·668 Grm. Dextrinwerth
Nach „ „ „ . .	1·222 Grm. „
vergohren	4·446 Grm. „
	= **78·4** pCt.

Die Alkoholbestimmung durch Destillation ergab 2·391 Grm. Alkohol; diese Menge würde aus 4·210 Grm. Dextrin entstehen können (4·446 wirklich vergohren).

Versuch II. Dextrin + Malzinfus 5·274 Grm. Dextrin + 20 Cc. Malzinfus + 30 Cc. Hefeschlamm. Die Gährung begann lebhaft, schien jedoch nicht ganz so intensiv zu verlaufen, wie bei I. Nach 48 Stunden wurde der Versuch unterbrochen.

Vor der Gährung in 5·274 Grm. Dextrin = 4·768 Grm. D + 0·506 Grm. Z.
„ 20 Cc. Malzinfus = 0·054 „ „
4·822 Grm. D + 0·506 Grm. Z.

Vor der Gährung Summa Dextrinwerth	5·277 „
Nach „ „ „ „	1·457 „
vergohren	3·820 Grm.
	= **72·4** pCt.

An Alkohol erhielt man 2·31 Grm., entsprechend 4·068 Grm. vergohrenem Dextrin. Bei beiden Versuchen war also eine sehr kräftige, durch die verzuckernde Wirkung der Diastase bedingte Vergährung des Dextrins eingetreten.

Versuch III. Dextrin + Malzinfus; die Wirkung des letzteren war aber durch Aufkochen zerstört. 5·413 Grm. Dextrin mit 20 Cc. gekochtem Malzinfus und 30 Cc. Hefeschlamm. Eine Gährung trat nur sehr schwach ein, dieselbe hörte sehr bald gänzlich auf, die Hefe lag todt am Boden. Es wurden nur 45 Cc. Kohlensäure entwickelt (feucht, bei Zimmertemperatur, die Messung war nur eine annähernde) entsprechend ungefähr 0·08 Grm. Kohlensäure und 0·15 Grm. vergohrenem Dextrin = 3 pCt. (ungefähr).

Das Aufkochen des Malzinfuses hatte daher die Vergährung des Dextrins so gut wie vollkommen verhindert.

Eine dritte Versuchsreihe wurde ausgeführt, um dieselben Verhältnisse in Maischen zu untersuchen.

Hier liegen die Verhältnisse anders. Durch die Einwirkung von Diastase auf das Stärkemehl der Maischmaterialien entsteht in der Maltose eine gewisse Menge direct vergährbaren Materials. Wenn man daher die Diastase in einer solchen Flüssigkeit tödtet, so wird trotzdem eine Gährung eintreten; dieselbe muß aber unvollständig bleiben, weil die Hefe nach Zerstörung der Maltose kein direct vergährbares Material vorfindet und das Dextrin zum größten Theil unzersetzt läßt. Läßt man aber die Diastase während der Gährung unverkürzt weiter wirken, dann muß auch der größte Theil des Dextrins der Vergährung anheimfallen.

Dritte Versuchsreihe.

Zu den 3 Versuchen dieser Reihe diente eine mit dem Henze'schen Apparat zu Röderhof bereitete Kartoffelmaische von starker Concentration, dieselbe enthielt

Zucker + Dextrin = 21·39 pCt. Zuckerwerth
" = 10·55 " "
Z : D = 1 : 1·03.

I. Versuch. Diastase nicht getödtet. 28·602 Grm. Maische wurden bei 36° C. mit 30 Cc. Hefeschlamm angestellt. Die Gährung trat nicht so lebhaft wie bei den früheren Versuchen mit Dextrose und Dextrin ein (wegen der stärkeren Concentration) hielt aber länger an. Leise aber deutliche Nachgährung. Dauer des Versuchs 46 Stunden.

Vor der Gährung 28·602 Grm. Maische zu 21·39 pCt. Z. = 6·121 Grm. Z.

Nach " " 0·598 " "
5·523 Grm. Z.

Von Zucker und Dextrin zusammen . . . . . = 90·2 pCt. vergohren.

Rechnet man, unter der Annahme, daß die Gesammtmenge des Zuckers vergohren sei, wie viel vom Dextrin der Gährung anheimgefallen ist, so erhält man folgende Zahlen:

28·602 Grm. Maische enthielten 6·121 Grm. Zuckerwerth, davon 3·018 Grm. als Zucker u. 3·103 Grm. Zuckerwerth als Dextrin, vergohren sind insgesammt 5·523 Grm. Zuckerwerth, also bleiben (5·523 — 3·018) 2·505 Grm. vergohrener Zuckerwerth, welche von 3·103 Grm. vorhandenem Dextrinzuckerwerth vergohren sind = **80·7** pCt.

Nach den Beobachtungen von Schulze und O. Sullivan über das Reductionsvermögen der Maltose muß man die Rechnung indessen anders ausführen. Wenn man annimmt, daß außer Maltose ein anderer reducirender Körper bei der Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl nicht entstände — und ein solcher ist in der That bisher auch nicht bekannt — kann man berechnen, wie viel Maltose in einer Maische enthalten ist; denn 100 Th. Maltose reduciren so

viel Kupferoxyd wie 66—67 Th. Dextrose, das heißt $\frac{2}{3}$ Th. Dextrose sind im Reductionsvermögen = 1 Th. Maltose. Es würde demnach enthalten gewesen sein in den:

6·121 Grm. Zuckerwerth der Maische 4·527 Grm. Maltose-Zuckerwerth und nur 1·594 Grm. Dextrin-Zuckerwerth. Unter der Annahme, daß der Maltose-Zuckerwerth vollständig vergohren wäre, würden für die Vergährung des Dextrins (5·523 — 4·527) 0·996 Grm. überbleiben, also **62·5** pCt. des Dextrins vergohren sein.

An Alkohol wurden 2·585 Grm. = 5·058 Grm. vergohrener Zucker erhalten, gegen 5·523 Grm. durch die Zuckerbestimmung nachgewiesenen; Reinlichkeitskoefficient der Gährung somit = 91·6 pCt.

Jedenfalls beweist der vorstehende Versuch, daß bei unbeschädigter Nachwirkung der Diastase das Dextrin zum größten Theile vergährt.

Versuch II. Die Diastase wurde in derselben Maische durch Aufkochen getödtet. 27·420 Grm. Maische wurden mit 30 Cc. Hefeschlamm versetzt. Die Gährung verlief nicht sehr stürmisch, ein wesentlicher Unterschied gegen I. war Anfangs nicht zu bemerken; dagegen zeigte sich später ein solcher, indem eine Nachgährung nicht eintrat. Versuchsdauer 46 Stunden.

Vor der Gährung vorhanden . . .	5·868 Grm. Zuckerwerth
Nach „ „ „ . . .	1·370 „ „
Vergohrener Zuckerwerth	4·498 Grm. Zuckerwerth.

76·65 pCt. (gegen 90·2 zu Vers. I.)

Rechnet man wiederum, wie viel vom Dextrin hierbei zerstört wurde, so erhält man folgende Zahlen:

I. Unter der Annahme, daß die Maische Z : D = 1 : 1 enthält, waren vorhanden 2·893 Grm. Zucker und 2·975 Grm. Zuckerwerth als Dextrin, für vergohrenes Dextrin bleiben demnach unter der Annahme einer vollständigen Vergährung des Zuckers (4·498 — 2·893) 1·605 Grm. über = 53·9 pCt. (gegen 80·7 pCt. bei Versuch I.).

II. Unter der Annahme, daß die Maische ihrem Reductionswerth entsprechend Maltose enthalten habe, waren vorhanden 4·340 Grm. Maltose-Zuckerwerth und 1·528 Grm. Dextrin-Zuckerwerth; angenommen, die Maltose sei vollkommen vergohren, bleiben (4·498 — 4·340) 0·158 Grm. für die Vergährung des Dextrins über = **10·3** pCt. (gegen **62·5** pCt. des Versuchs I.).

An Alkohol wurden 1·915 Grm. erhalten = 3·747 Grm. vergohrenen Zucker, gegen 4·498 Grm. wirklicher Vergährung, Reinlichkeitskoefficient demnach 83·3 pCt.

Versuch III. Die Diastase wurde in derselben Maische durch Zusatz von Milchsäure getödtet.

27·538 Grm. Maische wurden mit 0·532 Grm. käuflicher concentrirter Milchsäure und 30 Cc. Hefeschlamm versetzt. Die Gährungserscheinungen waren genau dieselben wie bei Versuch II., eine Nachgährung trat nicht ein. Versuchsdauer 46 Stunden.

Vor der Gährung in 27·538 Grm. Maische . . 5·888 Grm. Zuckerwerth
Nach „ „ . . . . . 1·543 „ „
Vergohren . . . . . 4·345 Grm. Zuckerwerth.
73·8 pCt. „

Die Rechnungen über die Vergährung des Dextrins ergeben:

I. Auf die Zusammensetzung der Maische Z : D = 1 : 1 gerechnet waren vorhanden 2·905 Grm. Zucker und 2·983 Grm. Dextrin-Zuckerwerth, für vergohrenes Dextrin würden demnach bleiben (4·345 — 2·905) 1·440 Grm. = 48·3 pCt.

II. Auf Maltose, aus dem Reductionsvermögen berechnet, enthielt die Maische 4·358 Grm. Maltose, vergohren sind insgesammt 4·345 Grm., d. h. fast genau ebensoviel, als die Maische an Maltose enthalten hat, und somit ist bei diesem Versuche Dextrin überhaupt nicht zur Vergährung gekommen.

An Alkohol wurden 2·140 Grm. erhalten, entsprechend 4·187 Grm. Zucker, gegen 4·345 Grm. wirklich vergohrenen Zucker, Reinlichkeitskoefficient der Gährung somit **96·4** pCt.

Vierte Versuchsreihe.

Hierzu diente eine mit dem Hollefreund'schen Apparat dargestellte Maische; dieselbe war sehr dickflüssig und enthielt viele trockenfaule Stücke von Kartoffeln. Sei es, daß diese Umstände hierbei influirten, oder daß die Hefe inzwischen zu alt geworden war, die Gährung verlief in keinem Falle so kräftig, wie bei den vorhergehenden Versuchen. Indessen traten die vorher dargelegten Verhältnisse auch hier wieder deutlich hervor.

Die Maische enthielt 21·83 pCt. Zuckerwerth, davon als Zucker 9·89 pCt.

Dauer der Gährung drei Tage. Zur Ausführung kamen nur Alkoholbestimmungen.

Versuch I und II. Die Diastase wurde nicht getödtet.

	Maische		Alkohol	Zucker
I)	345·4 Grm.	= 75·40 Grm. Z. gaben	23·73 Grm.	= 46·43 Grm.
II)	335·4 „	= 71·22 „ „	„ 23·32 „	= 45·62 „

Hiernach sind vergohren bei

I 61·6 pCt. des Gesammt-Zuckerwerthes
II 64·1 „ „ „ „
im Mittel 62·9 pCt.

Oder wenn man nach den obigen Reinlichkeitskoefficienten rechnet, daß von 100 Th. vergohrenen Zuckers nur 90 Th. nach der Gährungsgleichung (1 Zucker = 2 Alkohol + 2 Kohlensäure) zersetzt werden, rund **70** pCt.

Versuch III und IV. Die Diastase wurde durch Aufkochen getödtet.

	Maische		Alkohol	Zucker
III	336·6 Grm.	= 73·47 Grm. Z. gaben	18·554 Grm.	= 36·31 Grm.
IV	313·8 „	= 68·50 „ „	„ 18·900 „	= 36·98 „

Hiernach sind vergohren bei

I 50·6 pCt. des Gesammt-Zuckerwerthes
II 54·0 „ „ „ „
im Mittel 53·3 pCt. des Gesammt-Zuckerwerthes.

Corrigirt nach 90 pCt. Reinlichkeitskoefficient 60·0 pCt. des Gesammt-Zuckerwerthes.

Durch das Aufkochen wurde also auch hier eine ganz erhebliche Schwächung der Gährung bewirkt.

Die Versuche sind für die Frage der Vergährbarkeit des Dextrins und der Nachwirkung der Diastase entscheidend.

Wenn überhaupt eine Vergährbarkeit des Dextrins existirt, ist dieselbe jedenfalls sehr unbedeutend und gar nicht zu vergleichen mit der Intensität der Gährung bei den Versuchen, wo dem Dextrin durch die Wirkung der Diastase Gelegenheit gegeben wird, in Maltose verwandelt zu werden.

So trat bei Reihe I Vers. 2, wo die Nachwirkung der Diastase durch Zusatz von Milchsäure, bei Reihe II Vers. 3 durch Aufkochen getödtet war, so gut wie keine Vergährung des Dextrins ein; das in der Gährung zersetzte Material repräsentirt nicht mehr, als in dem angewendeten Dextrin an verunreinigendem Zucker enthalten und durch das Malzinfus zugeführt war. Ebenso spricht kein einziger der mit Maischen ausgeführten Versuche dafür, daß ohne die Mitwirkung der Diastase eine irgendwie erhebliche Dextrinmenge zerstört sei.

Dagegen wurden erhebliche Vergährungsgrößen erhalten, wenn man die Diastase in ihrer Wirkung unbeschädigt ließ. So vergohren bei Reihe I Vers. 3 84 pCt. des eingemaischten Dextrins, bei Reihe II Vers. 1 u. 2 78·4 und 72·4 pCt., welche Versuche sich von den oben genannten nur durch die unterlassene Tödtung der Diastase unterscheiden. Endlich gelang es auch bei den Maischen der Versuchsreihen III und IV dasselbe nachzuweisen, indem die Vergährung nur bei Gegenwart wirksamer Diastase vollständig verlief. So war z. B. bei den besonders beweisenden Zahlen der Reihe III

		Gesammtvergähr.	Dextrin vergohren
Vers. 1.	Diastase nicht getödtet	90·2 pCt.	62·5 pCt.
„ 2.	„ durch Aufkochen getödtet	76·7 „	10·3 „
„ 3.	„ „ Milchsäure „	73·8 „	0 „

Aus allen Versuchen geht der Schluß für die Praxis hervor, daß die Erhaltung der verzuckernden Kraft der Diastase während der Gährung eine Grundbedingung für den vollständigen Verlauf der Gährung und für die Erreichung befriedigender Alkoholerträge ist. Jeder, die Diastasewirkung störende, Eingriff muß sorgfältig im Betriebe vermieden werden.

Bevor wir zur Untersuchung derartiger, die Diastasewirkung störender Bedingungen übergehen, soll zunächst erörtert werden, ein wie großer Antheil des Zuckerwerthes (Z + D) einer Maische ohne die Nachwirkung der Diastase vergähren kann.

Wenn man annimmt, daß aus 2 Stärkemehl unter Aufnahme von 1 Wasser entständen:

$$\text{I)}\quad \underset{\text{Stärke}}{2C_6H_{10}O_5} + H_2O = \underset{\text{Zucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Dextrin}}{C_6H_{10}O_5}$$

so dürfte in der Gährung nicht mehr als die Hälfte des Stärkemehls ohne die Nachwirkung der Diastase zerstört werden können. Daß die obige Gleichung nicht den wahren Ausdruck für die entstandenen Verbindungen giebt, sieht man daraus, daß weit mehr vergährt, als nach obiger Gleichung bei gestörter Diastasewirkung vergähren darf, so bei

Reihe III Vers. 2 76·7 pCt.
„ „ „ 3 73·8 „

selbst bei der mangelhaften Intensität der Gährung von Reihe IV. Vers. 3 und 4 war mehr als die Hälfte, nämlich rund 60 pCt. vergohren.

Anders stellt sich die Sache, wenn man annimmt, daß aus

$$\text{II)}\quad \underset{\text{Stärkemehl}}{4C_6H_{10}O_5} + 2H_2O = \underset{\text{Dextrin}}{C_6H_{10}O_5} + \underbrace{(C_6H_{10}O_5 + 2C_6H_{12}O_6)}_{\text{Maltose}}$$

entsteht. Man könnte sich diese Bildung schematisch so denken, daß aus den $4C_6H_{10}O_5$ Gruppen des Stärkemehls 2 Dextringruppen $2C_6H_{10}O_5$ und 2 Zuckergruppen $2C_6H_{12}O_6$ entständen — eine Dextringruppe in freiem Zustande verbliebe, die andere aber mit den beiden Zuckergruppen Maltose bildete. Das ohne die Nachwirkung der Diastase zur directen Vergährung disponible Material würde unter der Annahme, daß die Maltose vollkommen vergährbar wäre (Dubrunfaut), hiernach bedeutend größer sein und würde $\frac{3}{4} = 75$ pCt. des Stärkewerthes der verzuckerten Materialien betragen können.

Mit dieser Annahme stimmt denn auch auffallend überein, daß bei Reihe III (gestörte Diastasewirkung) eine directe Vergährung von:

Vers. 2 . . . 76·7 pCt.
„ 3 . . . 73·8 „

eintrat. Begreiflicherweise erhält hierdurch die Formel II eine große Wahrscheinlichkeit.

Jedenfalls ist aber durch die Gährungsversuche constatirt, daß 75 pCt. (Z + D) der Gährung ohne die Diastasewirkung anheimfallen können.

Um nun aber zu den die Nachwirkung der Diastase störenden Momenten zurückzukehren, können dieselben zweierlei Art sein und 1) in der Anwendung einer zu hohen Temperatur und 2) in übermäßiger Säurebildung bestehen.

Nach den Versuchen von Schwarzer weiß man, daß die Diastase bei höheren Temperaturen weniger Zucker (resp. Maltose) bildet als bei den niedrigeren; während bei der Normaltemperatur der Diastasewirkung, gegen 60° C., regelmäßig Z : D = 1 : 1 entsteht, ist bei höheren Temperaturen das Verhältniß von Z : D ein weiteres, ungefähr = 1 : 2. An und für sich würde nun die Entstehung von relativ größeren Dextrinmengen nicht ohne Weiteres auf den mangel-

haften Verlauf der Gährung schließen lassen, weil eine Nachwirkung der Diastase auch unter normalen Verhältnissen nicht zu entbehren ist, und es sehr wohl denkbar wäre, daß sich dieselbe auch auf größere Dextrinmengen erstreckte — gelang es doch reines Dextrin unter Zusatz wirksamer Diastase fast vollkommen (84 pCt.) zu vergähren. Das, was aber bedenklich erscheint, ist die Frage, ob die Diastase bei den höheren Temperaturen, wo sie das Stärkemehl nur unvollkommen verzuckert, überhaupt noch am Leben bleiben und invertirend auf das Dextrin während der Gährung wirken kann. Der Verf. ist geneigt anzunehmen, daß aus den höheren Temperaturen die Diastase nicht mehr wirksam hervorgeht, wenigstens ist es eine bekannte Erfahrung der Praxis, daß, wenn die Temperatur während der Verzuckerung zu hoch steigt, die Verzuckerung zwar anscheinend nach dem Saccharometer normal verläuft (aber unter Bildung von 2 D : 1 Z) die Gährung alsdann aber stets wenig befriedigend ausfällt. Diese Gefahr liegt hauptsächlich bei einem der neuen Verfahren — dem Henze'schen — vor. Nach diesem Verfahren wird die überhitzte Kartoffelmasse in den Vormaischbottich geblasen und dort mit dem Malz, welches sich zum Theil schon in demselben befindet, vermischt; bläst man nun die Masse unvorsichtig aus, so kann leicht die Temperatur zu hoch steigen und die Wirkung des Malzes schädigen. Man hört nun auch gerade bei diesem Verfahren häufig über die mangelhafte Vergährung klagen, die nur in der Außerachtsetzung der nothwendigen Vorsicht beim Abblasen der Kartoffelmasse begründet sein kann, — wenigstens gelang es dem Verf. in mehreren Fällen nur durch Anleitung zu sorgfältiger Temperaturbeobachtung die vorher stattgefundenen Unregelmäßigkeiten der Vergährung zu heben.

In einem Falle glückte es dem Verf. sogar, den Verlauf des Verzuckerungsvorganges und der Gährung bei einer Kartoffelmaische zu verfolgen, welche durch Operationsfehler unnormal geworden war.

In der Brennerei zu Ermsleben waren geriebene Kartoffeln in den Henze'schen Dämpfer eingefüllt, um die Aufschließungsverhältnisse des Stärkemehls zu verfolgen. Der Verlauf des Versuches zeigte, daß sich der Dampf Kanäle durch die flüssige Masse gebildet haben mußte und dieselbe daher nicht verkleistert hatte. Beim Ausblasen kam in den Vormaischbottich eine ungefähr 40° warme, fast unveränderte Kartoffelmasse. Um nun die Maischung zu retten, wurde diese Masse in dem offenen Vormaischbottich mit directem Dampf gekocht, durch Zusatz von etwas Malz verflüssigt und es sollte dieselbe nun in dem mit Wasserkühlung versehenen Bottich auf Maischtemperatur abgekühlt und mit dem zum eigentlichen Verzuckern bestimmten Malz versetzt werden. Aus Versehen — in Folge falscher Temperaturmessung — mußte nun das Malz bei zu hoher Temperatur zugesetzt sein, der Erfolg war, daß bei der Zucker- und Dextrinbestimmung folgendes Resultat erhalten wurde:

$$Z + D = 18{\cdot}97 \text{ pCt.}$$
$$Z = 6{\cdot}59 \text{ „ (auf } C_6H_{12}O_6 \text{ berechnet).}$$

Es verhielt sich also in der Maische Z : D nicht wie 1 : 1, sondern wie 6·59 : 12·38, also fast wie 1 : 2. Damit war die Maische im Dextringehalt

den bei höheren Temperaturen verzuckerten Gemischen vollkommen gleich. Der Verlauf der Gährung war dem entsprechend: die Erwärmung begann in ganz normaler Weise, und es blieb der betreffende Bottich nicht hinter anderen gleichzeitig angestellten zurück, von 13° R. hatte er nach 24 Stunden eine Temperatur von 21·5° R. erreicht; dieselbe stieg aber wenig über 23° R. und die lebhaft begonnene Gährung hörte sehr bald wieder auf; schon im Laufe des zweiten Tages sank die Temperatur und es wurde demzufolge auch nur eine Vergährung bis auf 4° Saccharom. erreicht.

Die Prüfung nach Beendigung der Gährung zeigte, daß die Maische Stärkemehlkleister nicht mehr verflüssigte, daß also die Diastase des Malzes in ihrer Wirksamkeit geschädigt sein mußte.

Die vergohrene Maische zeigte nach der Invertirungsbestimmung 3·90 pCt. Z + D und 0·44 pCt. Z direct.

Schon die verzuckerte Maische vor der Gährung hatte gegen Jod die rothbraune Reaction des Erythrodextrins gezeigt. Da diese Reaction sich bei einer später zu beschreibenden, mißlungenen Verzuckerung von Mais ebenfalls zeigte, so kann dieselbe wohl charakteristisch für das Stadium der Verzuckerung sein, in welchem auf 1Z : 2D gebildet werden. Wenn man danach auch nicht bestimmt aussprechen kann, daß durch Jod in allen Fällen der mangelhafte Verlauf des Verzuckerungsprozesses angezeigt wird — denn es wäre denkbar, daß auch bei fehlender Reaction auf Jod die Dextrinbildung eine zu starke wäre — so wird doch der Schluß gerechtfertigt erscheinen, daß, wo eine Rothfärbung durch Jod eintritt, der Verdacht eines mangelhaften Verlaufs des Verzuckerungsprozesses vorliegt.

In gleicher Weise machte sich die Störung der nachwirkenden Kraft der Diastase bei einem anderen Versuche geltend. In der Brennerei zu Nedlitz wurde die Maische nach Beendigung der auf 2 Stunden festgesetzten Verzuckerung auf 60° R. = 75° C. erwärmt, um zu sehen, ob sich hierbei irgend ein Einfluß auf die Lösung des Stärkemehls und die Vergährung geltend machte. Ein günstiger auf die Lösung des Stärkemehls trat nun freilich nicht ein, denn die verzuckerte Maische zeigte an dem vorhergehenden und folgenden Tage

11. Mai	20·0°	Sacch.
12. „ (erwärmt)	19·5°	„
13. „	20·0°	„

Dagegen zeigte sich ein schädlicher Einfluß auf die Vergährung

11. Mai	2·8	Sacch.
12. „ (erwärmt)	4·5	„
13. „	2·8	„

Dieser schädliche Einfluß ist nach den vorhergehenden Ausführungen vollkommen erklärlich — durch das Erwärmen auf 60 ° R. wurde die nachwirkende Kraft der Diastase vielleicht nicht vollkommen vernichtet, aber doch jedenfalls sehr wesentlich geschädigt, so daß eine unvollständige Invertirung und damit auch unvollkommene Vergährung des Dextrins eintrat.

b) Ueber den Einfluß der Säurebildung auf die Invertirung von Stärke oder Dextrin durch Diastase.

Aus den zahlreichen Beobachtungen über die Verhältnisse der Gährung in der Praxis gewann der Verf. sehr bald die Ueberzeugung, daß eine starke Säurebildung während der Gährung von dem nachtheiligsten Einfluß auf den Verlauf derselben sei; (in dem folgenden Abschnitt ist eine ausgedehnte Zusammenstellung hierüber zu finden.)

Der Grund dieser Erscheinung war dem Verf. indessen von vornherein nicht klar, — es war bekannt, daß die Gährung an und für sich in einem schwach saueren Medium am günstigsten verlief, und doch schädigte eine nur mäßig starke Säurebildung in den Maischen die Intensität der Gährung sehr erheblich. Ein gewisser Gehalt an Säure war in der Hefe nothwendig, um die Gährung normal zu vollziehen und doch würde dieser Gehalt in der Maische die Gährung wesentlich geschädigt haben (s. w. u.).

Erst die Ueberzeugung von der Nothwendigkeit der Nachwirkung der Diastase und deren Einfluß auf die Intensität der Gährung gab die richtige Erklärung über den Zusammenhang von Säurebildung und Gährungsstörung.

Ebenso wie die Diastase durch eine zu hohe Temperatur in ihrer Wirkung geschädigt, durch eine noch höhere Temperatur geradezu vernichtet wird, kann man dieselbe durch einen mäßigen Zusatz von Säure partiell lähmen, durch einen stärkeren Zusatz von Säure tödten.

Nachstehende von Dr. Delbrück ausgeführte Versuche liefern hierzu einige Beiträge.[1])

Als Säure zur Prüfung in ihrem Verhalten zur Diastase wurde Milchsäure gewählt, weil es diese Säure ist, welche aus den Kohlehydraten der Maischen zum überwiegend größten Theile entsteht.

Zunächst wurde eine Versuchsreihe ausgeführt, um zu erfahren, bei welchem Milchsäure-Zusatz die Verzuckerung geschädigt zu werden begann. Die Milchsäure wurde in Form einer 5procentigen Lösung zugesetzt; das Malzinfus war aus 100 Grm. Grünmalz und 1 Liter Wasser bereitet.

Angewandte Stärke Grm.	Milchsäure Grm.	Vol. der Flüssigkeit Cc.	Malzinfus Cc.	Farbe der Jodreaction	Zeitdauer der Verzuckerung	Nr. des Versuchs
0·7890	0·02	100	25	farblos	3—4 St.	1
0·7909	0·04	100	25	roth	3—4 „	2
0·7886	0·06	100	25	roth	3—4 „	3
0·7922	0·08	100	25	blau	3—4 „	4

1) Dr. Delbrück hat den Einfluß von Milchsäure und Essigsäure auf den Verzuckerungsvorgang eingehend studirt und behält sich seine besondere Publikation hierüber vor.

Nr. des Versuchs	Zucker in Summa	davon ab a. d. Malzinfus	Zucker aus Stärke	pCt. Zucker auf Stärke
1	0·5860	0·1550	0·4310	54·6
2	0·5134	0·1550	0·3584	45·3
3	0·5171	0·1550	0·3621	45·9
4	0·3755	0·1550	0·2204	27·8

Darüber, daß es wirklich die Milchsäure ist, welche bei den vorstehenden Versuchen den Verzuckerungsvorgang so erheblich gestört hat, kann nicht der geringste Zweifel existiren, denn der bei Zusatz von sehr geringen Mengen von Milchsäure noch ganz normal verlaufende Verzuckerungsvorgang (mit 54·6 Zucker) wurde durch eine steigende Gabe von Milchsäure auf 45·3 und 45·9 durch eine noch stärkere auf 27·8 pCt. Zucker reducirt. Auch die Farbenreaction lieferte den Beweis von dem schädigenden Einflusse der Milchsäure, denn es war

bei 0·02 Grm. Milchsäure die Reaction farblos (normal),
„ 0·04 „ „ „ „ roth,
„ 0·06 „ „ „ „ roth,
„ 0·08 „ „ „ „ blau (noch lösl. Stärke vorhand.).

Die Versuche zeigen übrigens auch, daß sehr kleine Mengen von Milchsäure genügen, um den schädigenden Einfluß auszuüben. Bei einer Reduction der Verzuckerung auf 27·8 pCt. war der Gehalt der Flüssigkeit nicht höher als 0·066 pCt. Beiläufig mag hier bemerkt werden, daß nach den Versuchen von Dr. Delbrück die Intensität der Schädigung mit Zunahme der Temperatur wächst; je höher die Temperatur, um so schädlicher also der Einfluß der Milchsäure.

Zum weiteren Beweise mag nur noch eine zweite von Dr. Delbrück ausgeführte Reihe hier angeführt werden. Hierbei wurden auf gleichbleibende Milchsäuremengen wechselnde Mengen von Stärkemehl verwendet.

Nr. des Versuchs.	Angewandte Stärke. Grm.	Milchsäure. Grm.	Vol. der Flüssigkeit. Cc.	Malzinfus. Cc.	Farbe der Jodreaction.	Zeitdauer der Verzuckerung.
1	0·7922	0·08	100	25	blau	3 Std.
2	1·0986	0·08	150	25	violet	3 „
3	1·581	0·08	150	25	violet	3 „
4	2·315	0·08	150	25	violet	3 „
5	3·126	0·08	150	25	violet	3 „

Nr. des Versuchs.	Zucker in Summa.	Zucker im Malzinfus.	Zucker aus Stärke.	pCt. d. Stärke verzuckert.
1	0·3755	0·1550	0·2204	27·8
2	0·4460	0·1871	0·2589	23·6
3	0·6830	0·1871	0·4959	31·4
4	0·8363	0·1871	0·6492	28·0
5	1·0575	0·1871	0·8704	27·8

Die schädigende Wirkung der Milchsäure trat also auch hier überall zu Tage, es scheint aber, als ob dieselbe procentisch gleich geblieben sei — wenigstens spricht

die regelmäßige Wiederkehr desselben Verhältnisses von Zucker (ungefähr 28 Th. Zucker auf 100 Th. Stärke) bei Anwendung verschiedener Stärkemengen dafür. Außerdem zeigt die vorstehende Versuchsreihe, daß man noch nicht einmal am Ende der schädigenden Wirkung angelangt war, und daß geringe Mengen von Milchsäure sehr große Mengen von Stärke zum Verzuckern verbinden können.

Nach den Versuchen über die Wirkung von Milchsäure auf den Verzuckerungsvorgang wird es nun auch verständlich, weshalb bei den oben beschriebenen Gährungsversuchen mit Dextrin und verzuckerten Maischen bei einzelnen Versuchen Milchsäure gewählt wurde, um die Wirkung der Diastase bei diesen Versuchen zu vernichten. Der Erfolg war auch in allen Fällen ein vollständiger gewesen, indem von dem Dextrin bei Milchsäure und Diastasezusatz so gut wie nichts (Reihe I. Vers. 2), in den Maischen mit Milchsäurezusatz (Reihe III. Vers. 3) aber nur so viel vergohren war, als von direct vergährbarem Material darin vorhanden war (Maltose, 75 pCt. des Zuckerwerthes).

Wenn man die von Schwarzer für höhere Temperaturen beobachtete Intensität der Verzuckerung mit derjenigen vergleicht, welche sich bei den Versuchen mit mäßigem Milchsäurezusatz ergab, so findet sich, daß in beiden Fällen eine fast genau gleiche Intensität der Verzuckerung erreicht werde, indem ungefähr 30 pCt. des Stärkemehls unter diesen Verhältnissen verzuckert wurden. Schwarzer geht nach den Resultaten seiner Versuche sogar so weit, daß er die Bildung von 2 D. auf 1 Z. für höhere Temperaturen als normal und regelmäßig auftretend annimmt. Dasselbe würde nach den obenstehenden Versuchen auch für den Milchsäurezusatz gelten. Der Gedanke ist hiernach nicht so unmöglich, daß in der Diastase zwei verschiedene Fermente enthalten sind, von denen das eine kräftiger verzuckernd und Stärke zu 1 Z : 1 D invertirend, bei niedrigeren Temperaturen coagulirt oder doch eine geringere Säuremenge unlöslich wird, während das andere widerstandsfähiger gegen diese Agentien Stärke nur zu 1 Z : 2 D invertiren kann. Eine experimentelle Prüfung dieses Verhaltens der Diastase behält sich der Verf. für die nächste Zeit vor.

Der Grund der störenden Wirkung der Milchsäure ist naheliegend; da in Diastaselösungen durch diese Säure ein starker Niederschlag hervorgebracht wird, handelt es sich dabei wohl lediglich um die Ueberführung des Fermentes in einen unlöslichen und damit unwirksamen Zustand, wie derselbe bei Eiweißkörpern unter ähnlichen Verhältnissen ebenfalls eintritt. Nach Versuchen von Dr. Delbrück wird übrigens die verzuckernde Wirkung, wenn sie durch Milchsäure gestört war, durch Neutralisiren wiederhergestellt — ein Beweis, daß die Störung der Diastasewirkung durch Milchsäure nur vorübergehend ist.

Die schädigende Wirkung der Milchsäure trat bei einem Versuche in einer Brennerei in besonders auffallender Weise zu Tage. Da dieser Versuch nach manchen Richtungen hin lehrreich ist, so folgt seine Beschreibung nachstehend etwas ausführlicher.

Es handelte sich um die zweckmäßigste Art der Verarbeitung von Mais im Hollefreund'schen Apparat. Bei früheren Versuchen war der Mais zum Theil

in grob- zum Theil in feinzerkleinertem Zustande verarbeitet, zum Theil direct gedämpft, zum Theil einen Tag vorher in kaltes Wasser eingequellt. Bei dem vorliegenden Versuche war nun am 23. März 1875 gegen Mittag, nachdem die üblichen Maischungen in der Brennerei beendet waren, fein geschrotener Mais in den Hollefreund'schen Apparat gebracht und — gegen des Verf. Rath — mit Wasser von 35—40° R. eingequellt. Der von dem Verf. vorhergesagte Erfolg trat in vollem Maaße ein — bei der für die Milchsäurebildung so günstigen Temperatur war eine so starke Säuerung eingetreten, daß die Masse am 24. März früh am Lüdersdorff'schen Oxymeter $4\frac{1}{2}°$ zeigte. Die mikroskopische Untersuchung wies das Milchsäureferment in enorm starken Mengen nach, außerdem waren aber durch den Geruch sowohl Buttersäure wie Essigsäure nachzuweisen. Um wenigstens die letztere, leichter flüchtige Säure zu verjagen, wurde die Masse nun eine Stunde mit Dampf heftig durchgekocht, schließlich bei geschlossenen Ventilen auf 116° R. gedämpft und der Dampf abgeblasen; daß derselbe einen Theil der flüchtigen Produkte mitgenommen hatte, konnte man sowohl an dem Geruch der entweichenden Dämpfe, wie auch an dem schwächer saueren Geruche der Masse erkennen. Trotzdem zeigte die Masse noch 4° am Lüdersdorff'schen Oxymeter — ein Beweis, daß die saure Reaction zum größten Theil durch schwere oder gar nicht flüchtige Säuren bedingt wurde.

Hätte man den Erfolg vorausgesehen, so würde es rathsam gewesen sein, die Säure jetzt zu neutralisiren — indessen dieses geschah nicht, sondern es wurde wie gewöhnlich weiter gemaischt, 1 Stunde bei 117° R. mit Dampf stehen gelassen u. s. w. Dabei zeigte sich die eigenthümliche Erscheinung, daß die Masse, wohl in Folge der Wirkung der freien Säure bei der hohen Temperatur vor dem Malzzusatz schon vollständig verflüssigt war. Es wurde nun nach dem Abkühlen auf 54° R. Malz zugesetzt, ½ Stunde zum Verzuckern stehen gelassen u. s. w. in bekannter Weise. Die vom Kühlschiff genommene Probe der verzuckerten Maische zeigte

4° Lüdersdorff'scher Oxym.,
23° Saccharometer.

und enthielt

22·55 pCt. Zuckerwerth als Z + D,
6·82 pCt. Zucker (dir.).

Hier lag nun die Wirkung der Säure klar zu Tage; die Maische, welche auf 22·55 pCt. Z + D 11·28 pCt. Z dir. hätte enthalten müssen, enthielt nur 6·82 pCt. Z. Sie war in Folge der störenden Wirkung der Milchsäure vollkommen unnormal und enthielt nur die Hälfte davon an direct vergährungsfähigem Material, was sie hätte enthalten müssen. Die Reaction des Filtrats der Maische gegen Jod war rothbraun — Erythrodextrin — welche Verbindung, wie oben erwähnt, bei der durch Milchsäure gestörten Diastase-Wirkung (vergleiche die Versuche von Delbrück), sowie bei der Wirkung der Diastase bei höheren Temperaturen (vergleiche den oben beschriebenen Versuch von Ermsleben) regelmäßig zu entstehen scheint.

Die vollkommene Aufhebung der Diastasewirkung (für den Augenblick wenigstens) war daran zu erkennen, daß die Maische Stärkekleister nicht im Geringsten verflüssigte.

Diesen ungünstigen Verhältnissen entsprechend war der Verlauf der Gährung. Dieselbe begann am 25. März, dem zweiten Tage anscheinend normal, schwächte sich aber sehr bald ab und hatte am 26. März früh — gegen Ende des zweiten Tages — vollkommen aufgehört. Die Erwärmung, welche unter normalen Verhältnissen ungefähr 14° R. hätte betragen müssen, war nur bis auf 2° R. gediehen. Die mit 19·6° Saccharom. angestellte Maische zeigte zu dieser Zeit noch 17·3° S., so daß also nur 2·3° Sacch. vergohren waren. Der Säure-Gehalt der Maische war 4½° Oxym. Nach der Zuckerbestimmung wurden gefunden:

17·53 pCt. Z + D
3·62 pCt. Z.

Da hier ein eclatanter Fall der durch die beeinträchtigte Diastasewirkung geschädigten Gährung vorlag, galt es den Schaden theils im Interesse der Brennerei, theils zur Prüfung der Richtigkeit von des Verf. Ansichten über die Rolle der Säure, zu verbessern. Zu dem Zwecke beabsichtigte man, die Säure so weit zu neutralisiren, daß nur 1½° Oxym. von den vorhandenen 4½° überblieben. Als Material war zu diesem Zweck glücklicherweise ein hochprocentiger, feinpulveriger Mergel (mit ungefähr 95 pCt. kohlensaurem Kalk) zur Hand, welcher seinen Zweck (durch Zusatz von 25 Kilo) auch vortrefflich erfüllte. Alsdann wurden, da nur noch eine Gährungsdauer von 18 Stunden überblieb, ca. 25 Eimer Maische aus dem Bottich entfernt, dafür eine entsprechende Menge von warmem Wasser zugeführt, um die Temperatur auf 20° R. zu bringen und endlich, da die Erweckung der Diastase-Wirkung durch das Neutralisiren doch einigermaßen unsicher erschien, 85 Kilo mit 50° R. warmem Wasser angerührtes Grünmalz in den Bottich gebracht. Hierdurch war nun hergestellt (Zeit 1 Std. 20 Min.):

Temperatur 22° R.
Saccharom. 14·1°
Oxym. 1·5°

Der Erfolg war ein überraschender. Kaum 10 Minuten nach dem Malzzusatz hob sich die auf der Maische abgelagerte Fettschicht, einzelne Kohlensäureblasen durchbrachen dieselbe und gegen 2 Uhr (½ Stunde nach der Operation) war eine lebhafte Gährung eingetreten, welche, als der Verf. gegen 5 Uhr nochmals revidirte, zu einer fast stürmisch zu nennenden geworden war.

Am 27. März Morgens war die Maische noch in einer lebhaften Nachgährung begriffen, trotzdem mußte, da die Gährzeit abgelaufen war, zum Abbrennen geschritten werden. Die Maische enthielt nun

Saccharom. 4·1°
Z + D 3·57 pCt.
Oxym. 2·5°
Erwärmung auf 28·5° R.

An Alkohol wurden gezogen 7 pCt. vom Gährraum. Die Maische verflüssigte noch sehr gut Stärkekleister. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Vergährung weit vollständiger, die Alkoholausbeute weit höher gewesen sein würde, wenn es möglich gewesen wäre, die Gährungsfrist noch zu verlängern — indessen auch so darf das Resultat des Versuches hochinteressant und beweisend für die Rolle der Milchsäure genannt werden.

Instinctiv haben die Brennereitechniker schon lange die Säurebildung als einen Feind der Gährung und der Alkoholausbeute gefürchtet. Vielleicht gelingt es nun — wo durch die vorhergehenden Ausführungen das Wie der Wirkung dargelegt ist, diesem Feinde wirksamer als bisher zu begegnen.

So schädlich nun aber ein großer Ueberschuß von Säure genannt werden muß, so nothwendig oder wenigstens vortheilhaft erscheint nach 2 Versuchen, welche der strebsame Leiter der Brennerei zu Trotha, Herr Riebe, aus eigenem Antriebe [1]) anstellte, die Gegenwart einer gewissen, geringeren Säuremenge zu sein.

Von einem normal bemaischten Kartoffelbottich mit:

19·5° Saccharom.

1·¼° Oxym.

11° R. Anstelltemperatur

wurden Proben in Flaschen, welche ungefähr 10 Liter faßten, eingefüllt und in einer dieser Flaschen die Gesammtmenge der freien Säure durch Zusatz von Schlämmkreide genau neutralisirt, die Maische der zweiten Flasche wurde dagegen unneutralisirt gelassen. Beide Flaschen wurden nun in die Maische des Bottichs (mit der sie gefüllt waren) bis an den Hals eingesenkt. Dieses Verfahren ist ein ganz vorzügliches, um Gährversuche im Kleinen auszuführen — würde man die Flaschen außerhalb der Maische sich selbst überlassen, so würde eine starke Abkühlung der kleinen Proben stattfinden und die Verhältnisse, unter denen sich ihre Gährung vollzieht, würden ganz andere als die einer Maischung der Praxis sein. So aber — in die Maische eingesenkt — folgen sie den Temperaturbewegungen der großen Maische und ihre Gährung verläuft in einer den großen Verhältnissen denkbar günstigst angepaßten Weise.

Der Erfolg der Gährversuche war nun folgender:

	I. neutralisirt	II. nicht neutralisirt
Vergährung	4·0	2·0° Saccharom.
Säuren	1·5	2·5° Oxym.
Z + D	1·9	1·3 pCt.
Alkohol	89·62	101·66 Cc. Alkohol im Liter Filtrat der vergohrenen Maische.

Es war also nicht allein die Vergährung in der neutralisirten säurefreien Maische schlechter, 4° Sacch. gegen 2·0° Sacch., sondern auch die Alkoholausbeute sehr zurückstehend 89·62 Cc. gegen 101·66 Cc. Diff. 12·04 Cc. Alkohol im Liter Filtrat der Maische. Ein wesentlicher Einfluß der Säure auf die Ver-

1) Nur die Analysen sind von dem Verf. ausgeführt.

gährung und Alkoholausbeute scheint also wohl zu existiren — ein Einfluß, der des weitern Studiums gewiß werth ist.

Anhangsweise mögen nun an dieser Stelle die bei den angestellten Versuchen gemachten Beobachtungen über Säuerungsgrad und Vergährung zusammengestellt werden.

Bei welchem Säuregehalt wird die Gährung, durch Störung der nachwirkenden Kraft der Diastase, beeinträchtigt?

	Oxymeter° Lüdersdorff	Saccharom.°
Nedlitz I	$5\frac{1}{4}$°	$5\frac{3}{4}$°
Möckern	5	$6\frac{1}{4}$
Nedlitz II	4	$3\frac{1}{4}$
„ III	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$
Hohenziatz	$3\frac{1}{2}$	4
Trotha 7/4 73	$3\frac{1}{2}$	2·8
Salzmünde I	3	2·2
Röderhof	3	2·1
Zabitz I	3	1·5
Salzmünde II	$2\frac{1}{2}$	1·6
„ III	$2\frac{1}{2}$	1·7
Trotha 8/1 73	$2\frac{1}{2}$	1·8
„ „	$2\frac{1}{2}$	1·2
„ Mais-Kartoffeln	$2\frac{1}{2}$	1·9
Otterwisch	$2\frac{1}{2}$	2·3
Trotha 10/11 73	2	2·8
„ 30/10 72 I	$1\frac{3}{4}$	1·4
„ „ II	$1\frac{3}{4}$	1·5
„ „ III	$1\frac{1}{2}$	0·9

Man kann nach dieser Zusammenstellung den engen Zusammenhang von Gährung und Säurebildung verfolgen. Sobald die Säurebildung eine gewisse Grenze übersteigt, wird sie nachtheilig für den vollständigen Verlauf der Gährung. Als diese Grenze ergiebt sich aus den vorstehenden Zahlen ein Säuregehalt von mehr als 3° Lüdersdorff. Unterhalb desselben trat eine Schädigung der Gährung nicht mehr ein.

3° Lüdersdorff würden einem Gehalt von etwas mehr als 6 Grm. Milchsäure im Liter entsprechen; vergleicht man damit die von Dr. Delbrück bei seinen oben beschriebenen Versuchen angewendeten Mengen, so findet man, daß dort durch weit geringere Mengen von Milchsäure eine Hemmung der Diastasewirkung eintrat. Da jedoch Delbrück auch fand, daß die störende Wirkung der Milchsäure bei höheren Temperaturen energischer ist, als bei den niedrigeren, so erscheint es erklärlich, weßhalb ein höherer Säuregehalt in der gährenden Maische bei 24—28° R. (in maximo) noch nicht in dem Maaße schädlich wirkte, wie bei Delbrück's Versuchen.

Der Grund der überhandnehmenden Milchsäurebildung liegt meistens in der Anwendung zu hoher Temperaturen beim Anstellen der Maische; ist man gezwungen — sei es in Folge von Wassermangel bei Röhrenkühlern, sei es in Folge zu hoher Außentemperaturen bei Luftkühlschiffen — die Maische mit einer Temperatur von über 14—15° R. anzustellen, so kann man mit Sicherheit auf einen mangelhaften Verlauf der Gährung rechnen.

Daß mangelnde Reinlichkeit in den Gährgefäßen, wie auch im Gährraum und besonders im Malzkeller sich durch starke Milchsäurebildung und dem entsprechend schlechte Vergährung rächt, sollte billigerweise so bekannt sein, daß man erwarten sollte, Verstöße gegen diese Hauptregel der Gährungsgewerbe nur selten anzutreffen und doch muß der Verf. gestehen, daß es in dieser Hinsicht in manchen, sogar als Musterbrennereien geltenden Fabriken, gar übel bestellt war.

Uebersicht über den Malzverbrauch in den zu den vorliegenden Versuchen benutzten Brennereien.

Nach den verschiedenen Verfahren gruppirt, stellte sich folgender Malz- resp. Gerste-Verbrauch heraus (150 Pfd. Grünmalz = 100 Pfd. Gerste).

Auf 100 Kilo Kartoffeln kamen:

Altes Verfahren:

	Grünmalz zum Verzuckern.		Gr.-Malz zur Hefe.		Summa	= Gerste.
Nedlitz I	5·9		3·7			
„ II	6·0	6·0	3·6	3·7	9·7	6·5
„ III	6·0		3·7			
Hohenziatz	6·2		2·8		9·0	6·0
Möckern	7·1		2·0		9·1	6·0
				Mittel	**9·3**	**6·2**

Hollefreund'sches Verfahren:

Trotha I 30/10 72	8·1		3·4			
„ II	8·1	8·1	3·4	3·5	11·6	7·7
„ III	8·1		3·6			
Trotha Jan. 73	7·0		3·4			
„ „	7·0	7·0	3·4	3·4	10·4	7·0
„ „	7·0		3·4			
„ „	7·0		3·4			
Nov. 73	6·7		3.5		10·2	6·8
7/4 74	5·0		2·8		7·8	5·2
Salzmünde I	6·0		4·4			
„ II	6·0	6·0	4·4	4·4	10·4	7·0
„ III	6·0		4·4			

Zabitz I	6·0	6·3	3·6	3·6	9·9	6·6
„ III	6·6		3·6			
				Mittel	**10·0**	**6·7**
Bohm'sches Verfahren:						
Kleinhof	6·4		3·2		9·6	6·4
Kötschau	6·2		3·7		9·9	6·6
Belgershain	4·3		2·8		7·1	4·7
				Mittel	**8·9**	**5·9**
Henze'sches Verfahren:						
Otterwisch	4·8		1·8		6·6	4·4
Emersleben	9·5		3·2		12·7	8·5
Röderhof	6·6		2·7		9·3	6·2
				Mittel	**9·5**	**6·4**

Die vorstehenden Zahlen geben einen Ueberblick, wie sich der Malzverbrauch in einer Anzahl von Brennereien stellt; dieselben aber zu einer Rechnung darüber benutzen zu wollen, wie viel Malz auf 100 Kilo Kartoffeln oder Stärke *nothwendig* ist, dürfte nicht zulässig erscheinen. Denn es ist eine bekannte Erfahrung, daß der Malzverbrauch eher nach dem Gefühl als nach rationell erprobten Regeln in der Praxis normirt wird; fehlt es irgendwo in der Brennerei, so ist das erste Mittel, welches man versucht, die Malzmenge zu vermehren und so kommt es denn, daß in der obigen Zusammenstellung bei demselben Verfahren, dem Henze'schen, die überhaupt angewendete höchste und niedrigste Malzmenge per 100 Kilo

Emersleben mit 12·7 Kilo Grünmalz
Otterwisch „ 6·6 „ „

neben einander stehen. Daß man durch eine vermehrte Malzgabe die Production an Alkohol erheblich erhöhen kann, liegt auf der Hand, denn das Grünmalz enthält 40 pCt. Stärkemehl, welches eben so gut wie dasjenige der Kartoffeln zur Spiritusproduction geeignet ist; daß aber dieser Spiritus ein theuerer ist, dürfte kaum zu bezweifeln sein. Endlich braucht kaum hervorgehoben zu werden, wie eine planlos betriebene Malzvermehrung in den meisten Fällen den Grund des Uebels nicht heben wird und aus diesem Grunde doppelt verwerflich sein muß.

Zur Illustration dieser Ausführungen braucht nur auf den Malzverbrauch der Brennerei zu Trotha hingewiesen zu werden. Die genannte Brennerei ist, ohne den übrigen Brennereien nahe treten zu wollen, die am rationellsten betriebene und bestgeleitete Brennerei, welche der Verf. aus persönlicher Anschauung kennt, und doch hat man dort zu Anfang der Einführung des Hollefreund'schen Verfahrens entschieden an Malz verschwendet und ist erst allmälig zu der Erkenntniß gekommen, daß man mit weit geringeren Malzmengen ebenso gut auskäme. Es wurde nämlich dort gegeben:

30/10	72	11·6	Kilo	Gr.-Malz	= 7·7	Kilo Gerste
3/1	73	10·4	„	„	= 7·0	„ „
10/11	73	10·2	„	„	= 6·8	„ „
7/4	74	7·8	„	„	= 5·2	„ „

Als Minimalzahlen für Malzverbrauch ergeben sich aus der vorstehenden, größeren Zusammenstellung

Otterwisch	6·6 Kilo	Gr.-Malz	4·4 Kilo Gerste
Belgershain	7·1 „	„	4·7 „ „

Die in diesen Brennereien erzielten Resultate lassen nicht daran zweifeln, daß unter günstigen Verhältnissen sehr wohl mit dieser Menge auszukommen ist.

An dieser Stelle dürfte es passend sein, auf das Fehlen einer Untersuchungsmethode von Malz auf seine verzuckernde Kraft aufmerksam zu machen.[1]) Es ist bekannt, daß die Gerste je nach ihrer natürlichen Zusammensetzung und namentlich aber nach der Art ihrer Behandlung beim Mälzereiproceß sehr verschieden in der verzuckernden Kraft ausfällt, und es ist ebenso klar, daß man von einem schlecht verzuckernden Malz mehr verwenden muß, als von einem gut verzuckernden. Hierbei fehlt es aber an jedem Anhalt zur Bestimmung der verzuckernden Kraft und an jeder leicht auszuführenden Methode. Kann man es da im Grunde den Praktikern verargen, wenn sie gerade bei dem so wichtigen Kapitel des Malzbedarfs empirisch hin und her suchen? Können sie sich doch nicht einmal von irgend einem analytischen Institut in dieser Frage Raths erholen. Hoffen wir, daß von der neugegründeten Versuchsstation für Spiritusfabrikation, dem hierzu berufenen Institut, bald Abhülfe geschafft wird.

Endlich wäre noch auf das Verhältniß vom Malz zum Verzuckern und Malz zur Hefe aufmerksam zu machen. Im Großen und Ganzen wurde nur die Hälfte des zum Verzuckern gegebenen Malzes für die Hefe verwendet.

Wie große Mengen des eingemaischten Materials bleiben bei den verschiedenen Verfahren unvergohren?

Die umstehende Zusammenstellung giebt einen Ueberblick über 26 in dieser Richtung ausgeführte Versuche; dieselbe ist ohne Weiteres verständlich.

Wenn man die für die neuen Verfahren gewonnenen Mittelzahlen neben einander stellt, so blieben unvergohren.

beim	Hollefreund'schen	Verfahren	6·9	pCt	der	eingemaischten	Stärke
„	Bohm'schen	„	7·2	„	„	„	„
„	Henze'schen	„	7·0	„	„	„	„

Es liefern diese Zahlen den Beweis, daß die nach den verschiedenen Verfahren gewonnenen Maischen einen Unterschied in der Vergährungsfähigkeit, wenn sie normal bereitet sind, nicht im Geringsten zeigen.

Die Zahlen weichen von einander so wenig ab, daß sie sehr für die Regelmäßigkeit und Sicherheit, mit welcher die Gährung in den nach den neuen Verfahren bereiteten Maischen verläuft, sprechen; so wurden z. B. nur folgende Maxima und Minima beobachtet:

---

1) Von Dr. Delbrück ist dieser Mangel auch bereits in einem Vortrage, gehalten im Club der Landwirthe zu Berlin, anerkannt.

	Kilo Stärke eingemaischt.	Vol. der Maische Liter	Auf 100 Liter Maische Kilo Stärke eingemaischt.	Kilo Stärke unvergohren.	pCt. der Stärke unvergohren.
Altes Verfahren. Nedlitz I. . . .	691·7	3642	19·0	138·4	20·0
„ II. . . .	676·2	3502	19·3	93·5	13·8
„ III. . . .	643·7	3591	17·9	90·8	14·1
Hohenziatz	622·6	3269	19·0	111·5	17·9
Möckern.	582·8	3255	17·9	161·6	27·9
				Mittel	**18·7**
Hollefreund'sches Verfahren					
Trotha I.	684·8	3864	17·7	44·9	6·6
„ II.	697·3	3866	18·0	45·3	6·5
„ III.	568·0	3356	16·9	44·4	7·8
Zabitz I.	689·7	3740	18·4	56·6	8·2
„ II. (Mais) . . .	658·3	3906	16·9	59·4	9·0
Salzmünde I. . . .	710·3	3958	17·9	46·2	6·5
„ II. . . .	603·8	3914	15·4	39·3	6·5
„ III. . . .	659·2	3885	17·0	41·4	6·3
Trotha I. 8. Jan. 1873	823·5	3968	20·8	64·6	7·8
„ II. „ „	909·0	4107	22·1	69·9	7·7
„ III. 10. Nov. 1873	582·5	3360	17·3	28·1	4·8
„ März 1874 . .	787·0	3941	20·0	49·2	6·1
„ (Mais)	693·4	4099	16·9	49·4	7·1
„ (Mais u. Kartoffeln)	788·2	4047	19·5	43·9	5·6
				Mittel	**6·9**
Bohm'sches Verfahren. Kleinhof . .	332·2	2105	15·8	26·6	8·0
Kötzschau . .	313·7	1980	15·9	28·5	9·1
Belgershain .	592·8	3509	16·9	26·3	4·4
				Mittel	**7·2**
Henze'sches Verfahren. Otterwisch . .	342·1	1850	18·5	32·1	9·4
Emersleben .	628·8	3443	18·3	32·2	5·1
Röderhof . .	757·2	3737	20·3	49·9	6·6
				Mittel	**7·0**

unvergohren

Hollefreund'sches Verfahren 4·8 pCt. Minimum 9·0 pCt. Maximum
Bohm'sches „ 4·4 „ „ 9·1 „ „
Henze'sches „ 5·1 „ „ 9·4 „ „

Gegenüber dem alten Verfahren, welches bei den 5 ausgeführten Versuchen **18·7** pCt. der eingemaischten Stärke unvergohren ließ, scheint demnach in der Ausübung der neuen Verfahren ein sehr erheblicher Fortschritt zu liegen. Jedoch dürfte die Zahl, 18·7 pCt. unvergohren, für das alte Verfahren zu ungünstig sein. Die betreffenden Versuche wurden sämmtlich im September 1872 bei ziemlich hoher Anstelltemperatur ausgeführt, welche erfahrungsmäßig leicht Veranlassung zu einer stark eintretenden Säuerung giebt und bei den obigen Versuchen auch gegeben hat. Außerdem fielen die Versuche für das alte Verfahren in die erste Zeit der Betriebseröffnung der Brennereien, in denen häufig Störungen nicht zu vermeiden sind.

Wenn nun aber auch die Ueberlegenheit der neuen Verfahren nicht in so starkem Maaße angenommen werden kann, so scheint dieselbe in gewisser Weise doch zu existiren.

Nach den Betriebsübersichten, welche dem Verf. aus den Brennereien zu Nedlitz und zu Cunrau von einer ganzen Reihe von Jahren vorliegen, sowie aus den Beobachtungen, welche er früher in der Brennerei zu Weende ausführte, muß man die mittlere Vergährung von reinen Kartoffelmaischen auf $2\frac{1}{2}$—3° Saccharometer annehmen. Einer solchen Saccharometeranzeige würde ein Zuckergehalt von rund $2\frac{1}{4}$—$2\frac{1}{2}$ pCt. entsprechen. Rechnet man mit diesem auf die übliche Concentration der Maischung, so erhält man folgende Zahlen:

100 Liter Maische zu $2\frac{3}{4}$ Sacch. = 101·1 Kilo, enthielten im Mittel der Versuche nach altem Verfahren 18·6 Kilo eingemaischtes Stärkemehl; nach der Gährung enthalten die 101·1 Kilo Maische 2·36 Kilo Zucker = 2·124 Kilo Stärke = 11·4 pCt. der eingemaischten Stärke unvergohren.

Der Vorsprung, welchen die neueren Verfahren durch die bessere Vergährung haben, würde sich somit auf $4\frac{1}{2}$—5 pCt. beziffern.

Ueber die Reinlichkeit der Gährung.

Wenn man das Schicksal des im Brennereiproceß eingemaischten Stärkemehls verfolgt, so bleiben gewisse Mengen zunächst ungelöst und unaufgeschlossen zurück, ein anderer Theil entzieht sich der Gährung, indem die vergohrenen Maischen immer noch gewisse Mengen gährungsfähigen Materials enthalten. Zieht man sowohl die unaufgeschlossene wie die unvergohrene Stärke von der insgesammt eingemaischten ab, so erhält man die der Gährung anheimgefallene Stärkemenge. Denkt man sich nun die Gährung ohne jede Störung und Verluste verlaufend, so müßte aus dieser vergohrenen Stärke- (resp. Zucker-) Menge die theoretische Alkoholausbeute erhalten werden. Dies geschieht aber nicht, sondern je nach der Art des Betriebes erhält man hierbei einen von der theoretischen Ausbeute mehr oder weniger entfernten, wirklichen Ertrag.

Unter Reinlichkeitsziffer der Gährung versteht nun der Verf. die Zahl, welche ihm ausdrückt, wie viel Procente des der Gährung anheimgefallenen Materials wirklich in der Richtung der reinen alkoholischen Gährung zersetzt wurden. Die Differenz gegen 100 ergiebt die Mengen, welche eine anderweitige Zersetzung erfuhren.

Hierbei ist angenommen, daß die Zersetzung nach der Gleichung

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O = 2C_2H_6O + 2CO_2$$

Stärke — Alkohol — Kohlensäure

verläuft. 1 Kilo Stärkemehl würde nach dieser Gleichung 71·7 Lit.-pCt. Alkohol geben müssen, welches dem Reinlichkeitskoefficienten von 100 entsprechen würde. Erhielte man vom Kilo vergohrenen Stärkemehls nur 60 Lit.-pCt. Alkohol, so würde die Reinlichkeitsziffer der Gährung 83·7 gewesen sein.

Erwägt man, welche Momente die Reinlichkeitsziffer der Gährung niedriger als die Theorie erfordert ausfallen lassen, so erhält man folgende:

I. Es finden beim Brennereiproceß Nebengährungen statt, welche gährungsfähiges oder schon vergohrenes Material für die Alkoholbildung untauglich machen. Hierher gehört vor Allem:

a) Die Milchsäure-Gährung.

Dieselbe verwandelt Zucker in Milchsäure. Die hierdurch entstehenden Verluste — abgesehen von den sonstigen schädlichen Einflüssen der Milchsäurebildung — können unter Umständen ziemlich hoch steigen.

Unter der Annahme, daß 1 Th. Zucker nach der Gleichung

$$C_6H_{12}O_6 = C_3H_6O_3$$

Zucker Milchsäure.

1 Th. Milchsäure giebt, (welche Annahme übrigens durchaus unbewiesen ist, aus einem Th. Zucker kann möglicherweise viel weniger Milchsäure entstehen) waren z. B. die Verluste bei Vers. I zu Nedlitz folgende.

Es resultirten 3642 Lit. vergohrener Maische von $5\frac{1}{4}^0$ Lüdersdorff's Oxymeter; da jeder Grad des Lüdersdorff'schen Oxymeters 2 Grammen Milchsäure im Liter entspricht, so würde obige Menge = 38·241 Kilo Milchsäure resp. Zucker sein, der Verlust an gährungsfähigem Material würde demnach in diesem Falle 5·5 pCt. betragen haben.

b) Die Essigsäure-Gährung.

Dieselbe vollzieht sich auf Kosten des bereits in der Gährung gebildeten Alkohols. Die hierdurch entstehenden Verluste können sehr verschieden ausfallen, sie müssen um so größer sein, je höher die Temperatur der gährenden Maische und der Luft des Gährraums ist.

Bei 2 Versuchen, welche der Verf. in Gemeinschaft mit E. Schulze ausführte, wurde gefunden, daß

Vers. I 2·25 pCt. der Alkoholausbeute
„ II 3·16 „ „ „

durch Essigsäurebildung absorbirt waren.

c) Die Aldehydbildung.

Während der stürmischen Gährung bemerkt man regelmäßig einen deutlichen Geruch nach Acet-Aldehyd, auch ist Acet-Aldehyd in dem Vorlauf der Spiritusraffinerien, welcher die am Leichtesten flüchtigen Producte enthält, nachgewiesen. Wie groß die Menge desselben ist, kann man bis jetzt auch nicht annäherungsweise schätzen.

d) Die Fuselölbildung.

Wenngleich man die Fuselölbilder bei der Gährung noch nicht kennt, ist es doch unwahrscheinlich, daß die Entstehung des Fuselöls ganz ohne Mitwirkung der gährungsfähigen Stoffe erfolgen sollte.

II. Hefe kann unter Sauerstoffaufnahme Zucker direct zu Kohlensäure oxydiren.

Es ist nicht nothwendig, auf diese Verhältnisse näher einzugehen, da durch die in dieser Zeitschrift (Jahrbücher 1874 S. 77) enthaltenen Untersuchungen von Brefeld der Nachweis geliefert ist, daß die Alkoholhefe ein außergewöhnlich großes Vermögen Sauerstoff zu absorbiren besitzt, welchen Sauerstoff sie benutzt, um Zucker (resp. Bestandtheile ihrer Gewebe, welche zum Theil aus Zucker entstehen) direct zu Kohlensäure zu oxydiren. Der Verf. glaubt, daß hierdurch sehr bedeutende Verluste an gährungsfähigem Material eintreten können.

III. Während der dreitägigen Gährung können sehr wohl erhebliche Verluste an Alkohol durch Verdunstung entstehen.

Wenn man einen 8—10procentigen Alkohol mehrere Tage in einem offenen Gefäß mit großer Oberfläche bei der verhältnißmäßig hohen Temperatur von 24—28° R. an der Luft stehen läßt, so liegt es auf der Hand, daß durch Verdunstung Alkoholverluste entstehen müssen. Erwägt man dazu, daß die gährende Maische fortwährend einen mächtigen Strom von warmer Kohlensäure entwickelt, welcher unbestreitbar Alkohol mit sich fortreißen muß, so wird die Gefahr des Alkoholverlustes noch dringender erscheinen. Diese Verluste, für welche übrigens die Bezeichnung „Reinlichkeit der Gährung" nicht deckend ist, sind in den Reinlichkeitsziffern der Gährung mit enthalten. Ueber die Höhe derselben kann der Verf. keine Angaben machen.

IV. Es können gewisse Mengen von Zucker für das Wachsthum und die Verzuckerung der Hefe in Anspruch genommen werden.

Diese Verluste würden bei der jetzigen Praxis der Gährungsgewerbe als unvermeidliche zu bezeichnen sein, da augenblicklich der erste Vorgang nach dem Anstellen einer Maische in einem lebhaften Hefewachsthum besteht; es wäre aber denkbar, daß man einer Maische eine Hefe zusetzte, welche in vollkommener Weise vorgebildet, die Gährung derselben unter den geeigneten Verhältnissen, ohne der Maische dabei Stoffe zu entnehmen, vollzöge.

Neben den bei dem Wachsthum der Hefe gebildeten Bestandtheilen der Gewebe (Cellulose und Fette) entstehen übrigens nach Pasteur als normale und unvermeidliche Producte Glycerin und Bernsteinsäure. Die Menge dieser Producte giebt Pasteur zu rund 6 pCt. des vergohrenen Zuckers an. Die Unvermeidlichkeit derselben zugegeben, müßte man die Reinlichkeitsziffer der Gährung nicht auf eine Alkoholausbeute von 71·7 Lit.-pCt. per Kilo Stärkemehl, sondern nur von 67·4 Lit.-pCt. basiren.

Es folgen nun in der umstehenden Zusammenstellung alle Beobachtungen über die Reinlichkeit der Gährung.

	Reinlichkeitskoefficient.	
Altes Verfahren.		
Nedlitz I	64·2	
„ II	73·6	
„ III	78·2	
Hohenziatz	96·3	
Möckern	86·3	Mittel **79·7**
Hollefreund'sches Verfahren.		
Trotha I	87·7	
„ II	87·7	
„ III	87·7	
„ I 8. Januar 1873	76·1	
„ II „	73·6	
„ „ 10. Novbr. 1873	74·0	
„ „ Mais	97·9	
„ „ Mais u. Kartoffeln	82·2	
„ „ Kartoffeln	80·9	
Zabitz I Kartoffeln	74·2	
„ II Mais	81·7	
„ III Kartoffeln u. Melasse	90·0	
Salzmünde I	72·4	
„ II	75·3	
„ III	74·8	Mittel **81·1**
Mittel der Kartoffelversuche allein		**78·9**
Bohm'sches Verfahren.		
Kleinhof	83·4	
Kötschau	81·6	
Belgershain	87·4	Mittel **84·1**
Henze'sches Verfahren.		
Otterwisch	77·3	
Emersleben	73·8	
Röderhof	82·3	Mittel **77·8**

Stellt man die Mittelzahlen für die reinen Kartoffelversuche zusammen, so erhält man folgende Uebersicht:

Altes Verfahren	79·7	Reinlichkeitsziffer
Hollefreund'sches	78·9	„
Bohm'sches	84·1	„
Henze'sches	77·8	„
Gesammtmittel	80·1	Reinlichkeitsziffer

Das Gesammtresultat ist ein wenig erfreuliches, denn es werden nach der obigen Mittelzahl 20 pCt. $= \frac{1}{5}$ des in der Gährung zerstörten Materials in anderer Richtung als zu Alkohol zersetzt; selbst wenn man annimmt, daß nach

Pasteur 6 pCt. des gährungsfähigen Materials bei der Gährung normal in andere Substanzen verwandelt werden und somit zu den unvermeidlichen Verlusten zu zählen sind — eine Annahme, welche übrigens für die Verhältnisse der Praxis noch durchaus unbewiesen ist — bleiben die Verluste noch groß genug und betragen

Altes Verfahren .	84·8	Reinlichkeitsziffer
Hollefreund'sches .	83·9	"
Bohm'sches . . .	89·5	"
Henze'sches . . .	82·8	"
Gesammtmittel	85·2	Reinlichkeitsziffer.

Zwischen den einzelnen Verfahren scheint ein sehr wesentlicher Unterschied bezüglich der Reinlichkeit der Gährung nicht zu existiren, jedenfalls gilt dieses für das alte Verfahren, Hollefreund's und Henze's Verfahren mit

Altes Verfahren .	79·7
Hollefreund'sches .	78·9
Henze'sches . . .	77·8
Mittel	78·8

Das Bohm'sche Verfahren steht nach den obigen Zahlen allerdings etwas höher (mit 84·1 Reinlichkeitsziffer um 5·3 pCt.); der Verf. hat sich auch in diesem Sinne bereits früher ausgesprochen, indessen hält er doch die Zahl der Beobachtungen für das Bohm'sche Verfahren noch für zu wenig zahlreich, um den Schluß für die Allgemeinheit geltend erscheinen zu lassen. Undenkbar wäre es freilich nicht; denn das Bohm'sche Verfahren zeichnet sich dadurch vor den anderen vortheilhaft aus, daß bei demselben die möglichste Compendiosität herrscht. In dem einen Apparat verbleibt die Maische von Anfang bis zu Ende, ohne complicirte, langgestreckte Vorrichtungen zum Maischen und Kühlen passiren zu müssen, in denen die Maische mit Luft oder gar mit gesäuerten Resten von früheren Maischungen in Berührung kommt.

Jedenfalls sind die Verluste, welche durch Nebengährungen, Oxydation von Zucker oder endlich durch directe Alkoholverdunstung entstehen, sehr bedeutend und größer als alle übrigen Verluste in der Spiritusfabrikation.

Wie soll man denselben aber entgegenwirken? Nach den Ursachen dieser Calamität, deren einige oben angeführt wurden, ist es zunächst die möglichste Einschränkung der Säurebildung, sowohl derjenigen von Milchsäure wie von Essigsäure; außerdem müssen Prüfungen ergeben, ob die durch Verdunstung entstehenden Alkoholverluste so groß sind, daß sie eine Berücksichtigung verdienen und endlich — und das dürfte der wichtigste Punkt sein — müssen Versuche zur Ausführung kommen, ob man durch Reinzüchtung von Hefe und namentlich durch eine Ausführung der Operationen bei Luftabschluß von Anfang bis zu Ende ein günstigeres Resultat und eine Vermeidung der Verbrennung des Zuckers durch die Hefe erreichen könnte.

Derartige Versuche müßten nach des Verf. Ueberzeugung eine lohnende

Thätigkeit abgeben; mit den höchsten technischen Feinheiten ist man in den letzten Jahren bestrebt gewesen, die Aufschließung der Stärke vollendet zu erreichen und hat darin mit Glück gearbeitet, wie sich nicht läugnen läßt. Man darf aber in diesem Streben nicht übersehen, daß die Operationen, welche durch die Apparate von Hollefreund, Bohm, Henze und Ellenberger so elegant ausgeführt werden, nur vorbereitende sind — die Hauptoperation der Spiritusfabrikation ist, und wird immer bleiben, die Gährung; bei dieser Operation finden, wie oben nachgewiesen ist, die größten Verluste statt, weit größere als bei anderen Operationen; über die Vorgänge der Gährung herrscht in vielen Punkten noch eine ziemlich geringe Klarheit, so in der Hauptfrage der zweckmäßigsten Ernährung und Züchtung der Hefe und in vielen anderen; Grund genug, das Studium der Gährungserscheinungen im Interesse der Spiritusfabrikation mit aller Energie in Angriff zu nehmen.

Wie groß ist die bei den jetzt üblichen Verfahren von 1 Kilo Stärkemehl erhaltene Alkoholausbeute?

Ein Kilo Stärkemehl kann theoretisch 71·7 Lit.-pCt. Alkohol entstehen lassen, nach Pasteur würden jedoch nur 94 pCt. dieser Menge eigentlich in Rechnung zu ziehen sein, der erreichbare Maximalertrag würde sich demnach auf 67·4 Lit.-pCt. für 1 Kilo Stärke beziffern.

	1 Kilo Stärkemehl = Lit.-pCt. Alkohol.	Entsprechend pCt. d. theor. Ausbeute.	
Altes Verfahren.			
Nedlitz I	(34·9)	(48·7)	
„ II	43·0	60·0	
„ III	45·3	63·0	
Hohenziatz	52·4	72·9	
Möckern	40·5	56·5	
Mittel	45·3	63·1 pCt.	(nach Pasteur 67·1 pCt.)
Hollefreund'sches Verfahren.			
Trotha I	53·7	74·9	
„ II	55·0	76·8	
„ III	53·1	74·1	
„ I 8/1 73 . .	46·9	65·4	
„ II	46·5	64·9	
„ 10/11 73 . .	49·9	69·6	
„ Mais . . .	58·8	82·0	
„ Mais u. Kartoffeln	50·8	70·9	
„ Kartoffeln .	50·2	70·0	
Zabitz I	47·5	66·4	
„ II	48·1	67·9	
„ III	54·3	75·7	
Salzmünde I . .	45·2	63·0	
„ II . .	48·9	68·2	
„ III . .	48·8	65·4	
Mittel	50·5	70·4 pCt.	(nach Pasteur 74·9 pCt.)

Bohm'sches Verfahren.

Kleinhof	53·0	73·9
Kötschau	50·7	70·7
Belgershain . . .	57·8	80·6
	53·8	75·1 pCt. (nach Pasteur 79·9 pCt.)

Henze'sches Verfahren.

Otterwisch	47·8	66·7
Emersleben . . .	47·3	66·0
Röderhof	50·1	69·6
	48·4	67·4 pCt. (nach Pasteur 71·7 pCt.)

Im Mittel der neuen Verfahren gegenüber dem alten werden daher erzielt:

	Lit.-pCt im Kilo Stärke.
Hollefreund'sches Verfahren	50·5
Bohm'sches Verfahren	53·8
Henze'sches „	48·4
	50·9 Mittel.
Altes Verfahren	45·3 pCt. Mittel.

Das Bohm'sche Verfahren steht wiederum hier obenan. Im Gesammt-Resultat würden somit die neuen Verfahren im Verhältniß von 45·3 : 50·9 dem alten Verfahren überlegen sein und damit eine Erhöhung der Ausbeute um 12½ pCt. der bisher erreichten bieten. Diese Zahl dürfte aber wohl noch etwas zu hoch gegriffen erscheinen, da die nach dem alten Verfahren ausgeführten Versuche, wie schon mehrfach hervorgehoben wurde, unter ungünstigeren Verhältnissen angestellt wurden, als die Mehrzahl der Versuche nach den neueren Verfahren. Man wird sich von der Wahrheit wenig entfernen, wenn man die Erhöhung der Ausbeute nach den neuen Verfahren auf rund 10 pCt. veranschlagt — eine Zahl, welche der Verf. vielfach durch gewissenhafte Beobachtungen aus der Praxis bestätigt gefunden hat.

Gegenüber den Anpreisungen der Erbauer der ersten Apparate, welche eine Materialersparniß und dem entsprechend eine Erhöhung der Ausbeute um 25 pCt. in Aussicht stellten, erscheint diese Erhöhung des Ertrages allerdings bescheiden. Außerdem ist dabei noch zu berücksichtigen, daß die Betriebskosten durch einen stattfindenden Mehrverbrauch an Kohlen, welcher durch das Dämpfen bei hohem Druck, den Widerstand, welchen das Rührwerk in der Kartoffelmasse findet, den Gang der Luftpumpe beim Hollefreund'schen Apparat ꝛc. verursacht wird, erhöht werden. Dieser Mehrverbrauch wurde z. B. nach Ermittelungen der Brennerei Trotha zu 24 pCt angegeben; Herr W. Rimpau theilte in der Versammlung des Brennereivereins zu Halberstadt einen solchen von 23 pCt. für das Henze'sche Verfahren mit, und in ähnlicher Weise mag ein Mehrverbrauch auch für die übrigen neuen Verfahren stattfinden.

Trotzdem hat der Verf. noch keinen Grund, eine von ihm bei Aufstellung

des ersten Hollefreund'schen Apparates gethane Aeußerung[1]) zu widerrufen, als er das Hollefreund'sche Verfahren für den wesentlichsten Fortschritt, den die Spiritusfabrikation seit langer Zeit gemacht habe, erklärte. An das Hollefreund'sche Verfahren haben sich in unmittelbarer Folge diejenigen von Henze, Bohm und Ellenberger angeschlossen; es haben diese Verfahren eine so schnelle Einführung gefunden, daß die Zeit nicht mehr fern ist, in welcher man vergeblich nach Brennereien, die das alte Verfahren beibehielten, suchen wird. Gewiß ein erfreuliches Zeichen für das Streben der Spiritusindustrie. Noch erfreulicher aber ist der Sinn für Wissenschaft und Aufklärung, der gleichzeitig erwacht ist und der sich erst jüngst in der Errichtung eines wissenschaftlichen Organes, der Versuchsstation für die Spiritusindustrie, bethätigte. Hoffen wir, daß dieser Sinn immer mehr erstarke — der Lohn dafür wird nicht fehlen. Und in der That, die bei dem jetzigen Stande des Verfahrens noch unvermeidlichen Fabrikationsverluste sind groß genug, um zu einer eingehenden Erforschung der einzelnen Vorgänge aufzufordern und eine solche Thätigkeit als lohnend erscheinen zu lassen. Die nachstehende Uebersicht, mit der der Verf. seine Arbeit schließt, beweist dieses zur Genüge.

Schlußübersicht

über die Fabrikationsverluste der Spiritusfabrikation.

Es gehen verloren von 100 Th.. gährungsfähigem Material:

	Altes Verfahren.	Hollefr. Verf.	Bohm's Verf.	Henze's Verf.	
Durch mangelhafte Aufschließung	7·5	3·3	3·9	4·6	pCt.
Es bleiben unvergohren . . .	11·5	6·9	7·2	7·0	„
	19·0	**10·2**	**11·1**	**11·6**	pCt.
Es vergähren somit	81·0	89·8	88·9	88·4	„
Hiervon gehen durch Nebengährungen, Verdunstung ꝛc verloren	16·4	18·9	14·1	19·6	
Gesammt-Verlust	**35·4**	**29·1**	**25·2**	**31·2**	
			28·5		

Die Ausbeute nach dem alten Verfahren = 100 gesetzt, wird somit nach den neuen Verfahren zu 110·7.

Anhangsweise soll über 4 Versuche, welche mit geriebenen Kartoffeln ausgeführt wurden, berichtet werden.

Der Ausführung dieses Versuches lag die Beobachtung zu Grunde, daß trockenfaule Kartoffeln durch die Apparate von Bohm, Hollefreund und Henze nicht zerkleinert werden. Da in denselben das Stärkemehl durch die Trockenfäule eine Veränderung nicht erlitten hat, so ist damit ein nicht unbeden-

1) Zeitschrift des landw. Central-Vereins für die Provinz Sachsen. 1872.

tender Verlust an gährungsfähigem Material verbunden. Es wurde nun versucht, eine bessere Aufschließung des Stärkemehls dadurch zu erzielen, daß man die Kartoffeln auf einer Reibevorrichtung, wie sie in den Zuckerfabriken zur Herstellung des Rübenbreis üblich ist, zerrieb, in den Hollefreund'schen Apparat brachte und dann wie gewöhnlich behandelte.

Der ursprünglich beabsichtigte Zweck wurde hierdurch auch vollkommen erreicht, indem die Aufschließung des Stärkemehls sehr befriedigend ausfiel.

Bei dem ersten, zu Trotha ausgeführten Versuch kamen Kartoffeln zur Verwendung, welche an und für sich schon von der Trockenfäule befallen waren; durch Aussuchen von trockenfaulen Kartoffeln aus einer anderen Parthie erhöhte man den Gehalt der zum Verarbeiten bestimmten Kartoffeln an trockenfaulen auf ungefähr 20 pCt.

Das Reiben dieser Kartoffeln auf der Reibe der Zuckerfabrik zu Trotha ging ohne jede Schwierigkeit bei ungefähr 60 Ctrn. in 14 Minuten vor sich; der in den Hollefreund'schen Apparat gebrachte Brei wurde alsdann unter stetem Umrühren gedämpft. Als jedoch die Temperatur auf ungefähr 60 ° R. gestiegen war, hatte die Masse im Hollefreund'schen Apparat eine so feste Consistenz angenommen, daß die 14pferdige Betriebsmaschine das Rührwerk nicht mehr bewegen konnte. Durch Einsaugen einer etwa 15 Pfd. betragenden Malzmenge trat jedoch schnell eine vollkommene Verflüssigung ein und der Versuch verlief ungestört bis zu Ende. Die Aufschließung war bis auf:

4·12 pCt. der Gesammtstärke

gelungen — ein sehr befriedigendes Resultat, da bei der sonst üblichen Verarbeitung im Hollefreund'schen Apparat bei einem nur mäßigen Gehalt an trockenfaulen Kartoffeln sonst unaufgeschlossen geblieben waren:

7·1 pCt. der Gesammtstärke

und bei dem hohen Gehalt der vorliegenden Versuchskartoffeln sicher noch weit mehr unaufgeschlossen geblieben wäre.

Ein in derselben Weise zu Benkendorf ausgeführter Versuch ergab eine Aufschließung bis auf

3·39 pCt. der Gesammtstärke.

Die Lösung des Stärkemehls in dem geriebenen Material vollzieht sich sogar so leicht, daß ein Dämpfen bei höherem Druck hierbei nur 1—2 pCt. mehr zu lösen scheint. Bei 2 Versuchen zu Trotha wurden z. B. geriebene Kartoffeln in den Hollefreund'schen Apparat gebracht und bei offenen Ventilen und Mannloch desselben eine Stunde gekocht. Die Aufschließung war hier bis auf:

5·34 pCt. der Gesammtstärke
6·14 " " "

gediehen. Wenn nun aber dieses Verfahren für trockenfaule Kartoffeln entschieden besser arbeitete, als das Hollefreund'sche Verfahren, so hatte es bei ganz gesunden Kartoffeln keinen Vorzug vor demselben. Bei 2 Versuchen, welche nebeneinander mit gleichen Kartoffeln ausgeführt wurden, blieben z. B. unaufgeschlossen:

nach dem Hollefreund'schen Verfahren . . . 3·89 pCt. der Stärke unaufgeschlossen,
geriebene Kartoffeln . . . . . 4·67 „ „ „ unaufgeschlossen.

Hierbei ergab sich also eine Aufschließung von 0·78 pCt. zu Ungunsten der geriebenen Kartoffeln, und es würde danach kein Grund vorliegen, dieses Verfahren dem Hollefreund'schen vorzuziehen. So wie die Versuche ausgeführt waren, zeigten sie übrigens einen ziemlich ungünstigen Verlauf in der Gährung. Letztere begann ungefähr 5—6 Stunden früher als in den gleichzeitig angestellten Hollefreund'schen Maischen und wurde so stürmisch, daß bei allen 4 Versuchen ein erheblicher Theil des Bottichinhaltes überfloß. Besonders stark war dieses bei Versuch III und IV, wo mehr als ein Drittel der Bottichfüllung verloren ging. Den Grund dieser Erscheinung sucht der Verf. in der Art der Versuchsanstellung. Die gegenseitige Lage von Zuckerfabrik und Brennerei brachte es mit sich, daß die in der Zuckerfabrik geriebene Kartoffelmasse nicht sofort in den Hollefreund'schen Apparat gebracht werden konnte, sondern in Schützenbach'sche Kästen längere Zeit in Berührung mit der Luft war. Hierbei mußte sie, wie sich auch an der Färbung zeigte, Sauerstoff absorbirt haben und durch die eintretende starke Entwickelung der Hefe die stürmische Gährung veranlaßt haben. Später ist in der Brennerei zu Trotha eine überzählige Reibe der Zuckerfabrik direct über dem Hollefreund'schen Apparat aufgestellt und damit der Uebelstand des Uebergährens allerdings verhindert; sonstige in der Erhöhung der Erträge sich aussprechende Vortheile sind jedoch damit nicht erreicht. Bei den 4 auf obengenannte Weise ausgeführten Versuchen waren die Resultate sehr wenig befriedigend.

Es blieben z. B. unvergohren:

		Kilo			Kilo		
Versuch I	Benkendorf	594·9	Stärke	eingemaischt,	48·38	unvergohren =	8·1 pCt.
„ II	Trotha	594·0	„	„	19·14	„ =	3·3 „
„ III	„	831·5	„	„	116·53	„ =	14·0 „
„ IV	„	668·5	„	„	113·98	„ =	17·1 „
						Mittel . . .	10·6 pCt.

Der zuerst ausgeführte Versuch Nr. II hatte allerdings dabei eine vorzügliche Vergährung gezeigt, III und IV aber eine um so mangelhaftere.

Die Reinlichkeit der Gährung stellte sich folgendermaßen:

I . . . . 76·3
II . . . . 80·8
III . . . . 83·3
IV . . . . 78·4
} Mittel 79·7.

Von 1 Kilo Stärke wurden erzielt:

I	48·3	Lit.-pCt. Alkohol
II	55·3	„ „
III	48·2	„ „
IV	43·3	„ „
Mittel	48·9	Lit.-pCt. Alkohol.

Einen Vortheil vor dem Hollefreund'schen Verfahren bietet daher die Verarbeitung von geriebenen, rohen Kartoffeln keinenfalls — die angestellten Versuche sind als verfehlt zu bezeichnen.

Analytische Belege.

Nedlitz. Versuch I.

In der süßen Maische:

Zucker im Filtrat, 4·473 Grm. Maische zu 500 Cc.; davon 100 Cc. mit Fehling'scher Lösung digerirt = 0·197 Grm. Kupferoxyd × 5 = 0·985 = 0·4467 Zucker = **9·987** pCt.

5·0055 Grm Maische zu 500 Cc., davon 100 Cc. = 0·2153 CuO × 5 = 1·0765 = 0·4882 Zucker = **9·753** pCt. Zucker.

Mittel: **9·87** pCt. Zucker.

Zucker und Dextrin 2·6775 Grm. Maische zu 500; davon 50 Cc. = 0·1315 CuO × 10 = 1·315 CuO = 0·5964 Grm. Zucker = **22 28** pCt. Zuckerwerth.

Unaufgeschlossene Stärke 719·9 Grm. süße Maische = 32·80 Grm. lufttr. Rückstand 1 Liter = 50·5 Grm. Rückstand

2·029 Grm. des Rückstandes zu 250 Cc., davon 200 Cc. + Bleiessig zu 250; 50 Cc. = 40 urspr gl. = 0·1540 (a) 0·1563 (b) Mittel 0·1552 Grm. CuO = 0·1940 in 50 Cc. = 0·07918 Grm. Stärke × 5 = 0·3959 Grm. Stärke = **19·51** pCt. Stärke im lufttrocknen Rückstand.

Vergohrene Maische.

Unaufgeschlossene Stärke 635·2 Grm. = 26·05 Grm. Rückstand, = 42·49 Grm. im Liter = 1·8855 Grm. lufttr. Rückstand (250 Cc. davon 200 + Bleiessig zu 250) 50 Cc. = 40 Cc. urspr gl = 0·1390 CuO = 0·17375 in 50 Cc. = 0·07092 Stärke × 5 = 0.3546 Grm. = **19·28** pCt. Stärke im lufttr. Rückstand.

Zucker im Filtrat 8.091 Grm. mit Bleiessig zu 250 Cc. verdünnt, davon 100 Cc. = 0·1200 CuO = 0·05442 Zucker × 2·5 = 0·13605 = **1·681** pCt. Zucker.

Zucker + Dextrin 10·031 Grm. mit Bleiessig zu 500 Cc., davon 50 Cc. = 0·094 CuO = 0·04263 Zuckerwerth × 10 = 0·4263 Grm. = **4·249** pCt. Zuckerwerth.

Nedlitz. Versuch II.

Im Filtrat der süßen Maische.

Zucker; 4·633 Grm. mit Bleiessig zu 500 Cc., davon 100 = 0·217 CuO × 5 = 1·085 = 0·49206 Zucker = 10·621 pCt. Zucker.

5·008 Grm. zu 500, davon 100 Cc. = 0·236 CuO × 5 = 1·180 = 0·53515 Zucker = 10·686 pCt. Zucker.

Mittel: **10·654** pCt. Zucker.

Zucker + Dextrin 4·925 Grm. zu 500 Cc. mit Bleiessig; 50 Cc. = 0·245 CuO × 10 = 2·450 = 1·1111 Zuckerwerth = 22·56 pCt. Zuckerwerth.

4·925 Grm. zu 500, davon 50 Cc. = 0·240 CuO × 10 = 2·400 CuO = 1·0884 Zuckerwerth = 22·10 pCt. Zuckerwerth.

Mittel: **22·33** pCt. Zuckerwerth.

Unaufgeschlossene Stärke. 659·8 Grm. Maische = 30·61 Grm. lufttr. Rückstand = 51·4 Grm. im Liter; 1·859 Grm. lufttr. Rückstand mit Schwefelsäure erhitzt zu 250 Cc., davon 200 Cc. + Bleiessig zu 250 Cc., 50 Cc. = 40 Cc. ursprgl. = 0·1485 CuO = 0·1856 in 50 Cc. = 0·075754 Stärke × 5 = 0·3788 Grm. = **20·38** pCt. Stärke im lufttr. Rückstand.

Unaufgeschlossene Stärke in der vergohrenen Maische. 585·0 Grm. Maische = 26·2 Grm. lufttr. Rückstand = 46·03 Grm. im Liter; 1·882 Grm. Rückstand mit Schwefelsäure erhitzt zu 250 Cc., davon 100 Cc. mit Bleiessig zu 110 Cc., davon 50 Cc. = 0·1655 Kupferoxyd = 0·18205 in 50 ursprgl. = 0·074306 Stärke × 5 = 0·37153 Grm. = **19·74** pCt. Stärke im Rückstand.

Im Filtrat der vergohrenen Maische. Zucker und Dextrin.

Zucker. 10·759 Grm. Filtrat zu 250 Cc., davon 100 mit Fehling = 0·1180 Grm. Kupferoxyd = 0·05351 Grm. Zucker × 2·5 = 0·13375 = **1·24** pCt. Zucker.

Zucker + Dextrin. 7·056 Grm. + 3 Cc. 10 pCt. Schwefelsäure zu 500 Cc. = 0·0490 Kupferoxyd (a) = 0·0222 Zuckerwerth × 10 = 0·222 = 3·15 pCt.; 0·0045 Kupferoxyd (b) = 0·02041 Zuckerwerth × 10 = 0·2041 Grm. = 2·89 pCt. Zuckerwerth; Mittel **3·02** pCt. Zuckerwerth.

Nedlitz. Versuch III.

Im Filtrat der süßen Maische.

Zucker = 5·019 Grm. Maische zu 500 Cc., davon 100 Cc. = 0·2300 Kupferoxyd × 5 = 1·150 = 0·52154 Zucker = **10·39** pCt. Zucker (Controlebestimmung 4·934 Maische zu 500, davon 100 = 0·221 Kupferoxyd × 5 = 1·105 = 0·50113 Zucker = 10·157 pCt.)

Zucker + Dextrin 4·934 Grm. Maische mit 2 Cc. 10 pCt. Schwefelsäure zu 500, davon 50 Cc. = 0·229 Grm. Kupferoxyd × 10 = 2·290 = 1·0340 Zuckerwerth = **20·96** pCt. Zuckerwerth. (Controle-Bestimm. = 0·221 CuO × 10 = 1·0023 Zuckerwerth = 20·31 pCt.)

Unaufgeschlossene Stärke in der süßen Maische. 720·3 Grm. Maische = 31·82 Grm. lufttrockner Rückstand = 49·1 Grm. im Liter 1·9225 Grm. Rückstand zu 250 Cc., davon 100 Cc. zu 110 mit Bleiessig, davon 50 Cc. = 0·1940 Grm. Kupferoxyd = 0·2134 in 50 Cc. ursprgl. = 0·08710 Grm. Stärke × 5 = 0·4355 Grm. = **22·65** pCt.

Unaufgeschlossene Stärke in der vergohrenen Maische. 630·8 Grm. Maische = 24·48 Grm. Rückstand = 39·34 Grm. im Liter; 1·8985 Grm. Rückstand mit SO_3 erhitzt zu 250 Cc. verdünnt, davon 200 Cc. mit Bleiessig zu 250; 50 Cc. = 40 ursprgl. = 0·1500 Kupferoxyd = 0·1875 in 50 Cc. = 0·07653 Grm. Stärke × 5 = 0·38265 Grm. = **20·16** pCt. Stärke.

Im Filtrat der vergohrenen Maische.

Zucker. 10·493 Grm. Maische zu 250 Cc., davon 100 = 0·124 Kupferoxyd = 0·05624 Zucker × 2·5 = 0·1406 = **1·34** pCt. Zucker.

Zucker + Dextrin. 10·555 Grm. Maische zu 500 Cc., davon 50 Cc. = 0·0660 Kupferoxyd (Controle-Bestimmung 0·0660 Grm. CuO) = 0·02993 Zuckerwerth × 10 = 0·2993 = **2·836** pCt.

Unaufgeschlossene Stärke in Maischen der Brennerei Nedlitz.

Süße Maische a. (17. Mai 1872.) 522·0 Grm. Maische = 20·57 Grm. Rückstand = 43·2 Grm. Rückstand im Liter zu 21·8 pCt. Stärke = 9·418 Grm. im Liter.

Stärkebestimmung. 5 Grm. lufttr. Rückstand mit 10 Cc. Schwefelsäure und 250 Cc. Wasser digerirt, je 50 Cc. mit kohlens. Blei neutralisirt, eingedampft mit 1½ Cc. Schwefelsäure (16 pCt.), 6 Stunden auf 110° C. erhitzt, neutralisirt zu 100 Cc. verdünnt, davon 10 Cc. = 0·048 Kupferoxydul (Controle-Bestimmung 20 Cc. = 0·093 Kupferoxydul) = 0·0218 Stärke × 10 = 0·215 × 5 = 1·090 = **21·8** pCt. Stärke.

Süße Maische b. (1. Juni 1872.) 566·0 Grm. Maische = 20·41 unlösl. Rückstand = 39·2 Grm. Rückstand im Liter zu 19·8 pCt. Stärke = 7·762 Grm. im Liter.

Stärkebestimmung. 2·000 Grm. Rückstand mit SO_3 zu 250 Cc., davon reducirten 25 Cc., 0·0968 Grm. Kupferoxyd (Control-Bestimmung 0·0910 Grm.) = 0·0395 Grm. Stärke = **19·8** pCt.

Süße Maische c. (17. März 1873.) 656·3 Grm. Maische = 31·6 Grm. Rückstand = 53·18 Grm. im Liter zu 29·10 pCt. Stärke = 15·475 Grm. im Liter.

Stärkebestimmung. 1·146 Grm. Rückstand mit SO_3 erhitzt, = 65 Cc. Flüssigkeit, davon 40 Cc. neutralisirt, mit Bleiessig versetzt zu 100 Cc. = 0·127 Grm. Kupferoxyd = 0·05184 Grm. Stärke × 4 = 0·20736 Grm. × $\frac{40}{65}$ = 0·33696 Grm. = 29·40 pCt. Stärke.

1·125 zu 64·2 Cc.; davon 50 Cc. zu 100 neutralisirt, 25 Cc = 0·1545 Kupferoxyd = 0·06306 Grm. Stärke × 4 = 0·25224 × $\frac{50}{64·2}$ = 0·323876 Grm. = 28·79 pCt. Stärke; Mittel = **29·10** pCt.

Hohenziatz. 15. September 1872.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. 6·127 Grm. Maische zu 250 Cc. verdünnt, davon 50 Cc. = 0·305 Grm. Kupferoxyd × 5 = 0·6916 Grm. Zucker = 11·288 pCt.

Zucker + Dextrin im Filtrat der süßen Maische. 7·991 Grm. Maische mit SO_3 zu 500 Cc., davon 50 Cc. = 0·376 Kupferoxyd = 0·1705 Zuckerwerth × 10 = 1·705 Grm. = 21·34 pCt.; = 0·372 Kupferoxyd = 0·1687 Zuckerwerth × 10 = 1·687 = 21·11 pCt. Mittel = 21·23 pCt.

Unaufgeschlossene Stärke. Bestimmung in der süßen Maische verunglückt, es mußte daher der Gehalt an Stärke nach derjenigen der sauren Maische berechnet werden.

Vergohrene Maische.

Im Filtrat Zucker; 10·426 Grm. zu 250 Cc., davon 100 Cc. = 0·120 Grm. Kupferoxyd = 0·05442 Zucker × 2·5 = 0·13605 = 1·305 pCt. Zucker.

Im Filtrat Zucker + Dextrin; 7·337 Grm. mit SO_3 erhitzt zu 500 Cc., davon 50 Cc. = 0·064 Grm. Kupferoxyd = 0·02903 × 10 = 0·2903 = **3·957** pCt. Zuckerwerth; 0·062 Grm. Kupferoxyd = 0·02812 Grm. Zuckerwerth × 10 = 0·2812 = **3·833** pCt. Zuckerwerth; Mittel = 3·895 pCt. Zuckerwerth.

Unaufgeschlossene Stärke. 604·4 Grm. Maische = 25·55 Grm. lufttrockener Rückstand = 43·54 Grm. Rückstand im Liter.

Stärke im Rückstand; 1·8885 Grm. mit SO_3 erhitzt zu 250 Cc. verdünnt, davon 200 Cc. neutralisirt mit Zusatz von Bleiessig zu 250; 50 Cc. = 40 Cc. ursprgl. = 0·1840 Kupferoxyd = 0·2300 in 50 Cc. ursprgl. = 0·09388 Grm. Stärke × 5 = 0·4694 Grm. = **24·83** pCt.

1·8930 Grm. zu 250 Cc. verdünnt, davon 100 Cc. zu 110 Cc. mit Bleiessig = 0·2040 Grm. Kupferoxyd in 50 Cc. = 0·2244 in 50 Cc. ursprüngl. = 0·09159 Stärke × 5 = 0·45795 Grm. = 24·19 pCt. = **24·51** pCt. Stärke im Mittel.

Unaufgeschlossene Stärke in einer süßen Maische in Hohenziatz am Juni 1872. 546·0 Grm. Maische = 23·37 Grm Rückstand = 47·6 Grm. im Liter.

Stärke im Rückstand. 2·000 Grm. mit SO_3 zu 250 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·3210 Grm. Kupferoxyd = 0·13102 Grm. Stärke (Controle-Bestimmung in 25 Cc. 0·1515) = 32·76 pCt. Stärke.

Möckern. 16. September 1872.

Unaufgeschlossene Stärke in der süßen Maische. 625·7 Grm. Maische = 33·67 Grm. Rückstand = 60·16 Grm. im Liter zu 24·48 pCt. Stärke = 14·562 Grm.

Stärke im Rückstand. 1·825 Grm. zu 250 Cc. mit SO_3, davon 100 Cc. neutralisirt + Bleiessig zu 110 Cc., davon 50 Cc. = 0·1990 Grm. Kupferoxyd = 0·2189 Grm. in 50 Cc. ursprgl. = 0·08934 Grm. Stärke × 5 = 0·4467 Grm. = **24·48** pCt.

Unaufgeschlossene Stärke in vergohrener Maische. 669·6 Grm. Maische = 32·1 Grm. Rückstand = 49·88 Grm. im Liter zu 23·27 pCt. Stärke = 11·612 Grm.

Stärke im Rückstand. 1·8200 Grm. mit SO_3 zu 250 Cc. = 0·02075 Grm. Kupferoxyd = 0·08469 Grm. Stärke × 5 = 0·42345 Grm. = **23·27** pCt. Stärke.

Unvergohrener Zucker in der vergohrenen Maische.

Zucker. 12·403 Grm. zu 250 verdünnt, davon 50 Cc. = 0·144 Grm. Kupferoxyd = 0·06531 Zucker × 5 = 0·3265 Grm. Zucker = 2·632 pCt. Zucker.

Zucker + Dextrin. 9·528 Grm. Maische mit SO_3 zu 500 Cc., davon 50 Cc. = 0·117 Grm. Kupferoxyd (Controle-Bestimmung 0·117) = 0·05306 Zuckerwerth × 10 = 0·5306 Grm. Zuckerwerth = 5·572 pCt.

Unaufgeschlossene Stärke in süßer Maische in Möckern, Juni 1872. 518·0 Grm. Maische = 21·28 Grm. Rückstand = 45·7 Grm. im Liter zu 29·52 pCt. Stärke = 13·491 Grm. im Liter.

Stärke im Rückstand. 2·000 Grm. mit SO_3 zu 250 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·2903 und 0·2883 Grm. Kupferoxyd = 0·11808 Grm. Stärke = 29·52 pCt. Stärke.

Unaufgeschlossene Stärke in süßer Maische aus Dallenthin. 650·1 Grm. Maische = 31·98 Grm. Rückstand = 54·8 Grm. im Liter.

Stärke im Rückstand. 1·9715 Grm. zu 500 Cc., davon 50 Cc. = 0·1925 Grm. Kupferoxyd = 0·07857 Grm. Stärke = 39·85 pCt. Stärke.

Unaufgeschlossene Stärke in süßer Maische aus Ermsleben. 712·0 Grm. Maische = 31·7 Grm. Rückstand = 49·9 Grm. Rückstand im Liter.

Stärke im Rückstand. 0·967 Grm. Substanz + 20 Cc. 1 pCt. SO_3 zu 71·7 Cc. Flüssigkeit, davon 50 Cc. neutralisirt + Bleiessig zu 100 Cc., davon 20 Cc. = 0·1165 Kupferoxyd = 0·04755 Grm. Stärke × 5 = 0·23775 × $\frac{71{\cdot}7}{50}$ = 0·34093 = **35·26** pCt. Stärke im Rückstand.

Trotha. Dimensionen der Gährbottiche:

1	4177 Liter.	7	4276 Liter.
2	4258 „	8	3612 „
3	4360 „	9	3720 „
4	4291 „	10	3638 „
5	4243 „	11	3671 „
6	4280 „	44	3685 „

45 . . . . . 3630 Liter.

Versuche am 30. Oktober 1872.

Versuch I. 704·85 Grm. Maische gaben 28·52 Grm. unlöslichen Rückstand = 44·36 Grm. im Liter, 2·006 Grm. dieses Rückstandes in Druckflaschen zu 500 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·1737 Grm. Kupferoxyd = 35·3 pCt. Stärkemehl; im Liter = **15·65** Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen.

Süße Maische.

Zucker + Dextrin. 10·611 Grm. zu 1000 Cc., davon 50 Cc. reducirten 0·2147 Grm. Kupferoxyd = 18·35 pCt. Zuckerwerth.

Zucker. 10·2475 Grm. zu 500 Cc., davon 50 Cc. reducirten 0·2167 Grm. Kupferoxyd = 9·59 pCt. Zucker; 10·568 Grm. desgl. zu 1000, davon 50 Cc. reducirten 0·1105 Grm. Kupferoxyd = 9·48 pCt. Zucker. Mittel **9·54** pCt. Zucker.

Vergohrene Maische.

Zucker + Dextrin. 40 Cc. = 1·0056 spec. Gew. = 40·728 Grm. zu 250, davon 50 Cc. reducirten 0·2364 Grm. Kupferoxyd = 1·32 pCt. Zuckerwerth.

Zucker. 20 Cc. zu 100 verdünnt, reducirten 0·0615 Grm. Kupferoxyd = 0·35 pCt. Zucker.

Berechnung der vergohrenen Stärkemehlmengen.

Eingemaischt in 3499 Liter süßer Maische zu 173·74 Grm. Stärkewerth löslich und 15·65 Grm. unaufgeschlossen = 607·92 Kilo gelöster und 54·76 Kilo ungelöster Stärke = Summa 662·68 Kilo. In 3499 Liter waren (im Liter 44·36 Grm. = 29·6 Cc.) 103·6 Liter ungelöster Rückstand; dazu in 246 Liter Hefe zu 16·5 Cc. (25 Grm.) 4·1 Liter = 107·7 Liter Summa. Es resultirten 3864 Liter vergohrener Maische; mit 3864 — 107·7 = 3756·3 Liter Flüssigkeit von 1·4 Saccharom. = 1·0056 spec. Gew. = 3777·3 Kilo zu 1·32 Zuckerwerth = 1·188 Stärkewerth = 44·87 Kilo Stärkewerth unvergohren.

Versuch II. 3489 Liter süße, 3866 Liter vergohrene Maische.

704·85 Grm. süße Maische = 21·10 Grm. unlöslicher Rückstand = 32·69 Grm. im Liter (= 21·64 Cc.) 2·029 Grm. zu 500 Cc., davon 50 Cc. reducirten 0·1805 Grm. Kupferoxyd = 36·31 pCt. Stärkemehl = 11·87 Grm. im Liter.

Zucker + Dextrin in der süßen Maische 10·356 Grm. zu 1000 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·2175 Grm. Kupferoxyd = 19·05 pCt. Zuckerwerth.

Zucker. 10·011 Grm. zu 500, davon reducirten 50 Cc. 0·2175 Grm. Kupferoxyd = 9·85 pCt.

Vergohrene Maische.

Zucker + Dextrin. 40 Cc. Filtrat = 40·608 Grm. zu 250 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·237 Grm. Kupferoxyd = 1·323 pCt. Zucker + Dextrin.

Zucker. 20 Cc. Filtrat zu 100 Cc., davon 50 Cc. = 0·0605 Grm. Kupferoxyd = 0·27 pCt. Zucker.

Berechnung der vergohrenen Stärkemehlmengen.

Eingemaischt in 3489 Liter süßer Maische zu 181·66 Grm. Stärkewerth löslich und 11·87 unaufgeschlossen (= 193·53 Grm.) = 633·83 Kilo gelöster und 41·41 Kilo unaufgeschlossener Stärke = Summa 675·24 Kilo. In 3489 Liter süßer Maische waren 75·5 Liter unlösl. Rückstand, dazu von 246 Liter Hefe 4·1 Liter = 79·6 Liter. Es resultirten 3866 Liter vergohrener Maische mit (3866 — 79·6) 3786·4 Liter Flüssigkeit von 1·0034 spec. Gewicht = 3799·3 Kilo zu 1·323 Zuckerwerth = 1·191 pCt. Stärkewerth = 45·25 Kilo Stärkewerth unvergohren.

Versuch III. 3070 Liter süßer Maische = 3345 Liter Maische + Hefe, nach der Gährung gemessen 3356 Liter.

660·9 Grm. süßer Maische + Hefe = 20·97 Grm. Rückstand = 34·2 Grm. im Liter (= 22·8 Cc.) 2·066 und 2·029 Grm. zu 506 resp. 500 Cc., davon reducirten je 50 Cc. 0·1935 und 0·1885 Grm. Kupferoxyd = 38·69 und 37·92 pCt. Stärkemehl; im Mittel 38·31 pCt. = 13·09 Grm. im Liter süße Maische + Hefe = 14·27 Grm. im Liter süße Maische ohne Hefe.

Vergohrene Maische.

Zucker + Dextrin. 40 Cc. = 40·644 Grm. zu 250 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·268 Grm. Kupferoxyd = 1·494 pCt. Zuckerwerth.

Zucker. 20 Cc. zu 100 verdünnt, davon 50 Cc. = 0·0745 Kupferoxyd = 0·34 pCt. Zucker.

Berechnung der vergohrenen Stärkemehlmengen.

Eingemaischt in 3070 Liter süßer Maische zu 164·4 Grm. Stärkewerth löslich und 14·27 Grm. unaufgeschlossen (= 178·7) = 504·7 Kilo gelöster und 43·8 Kilo unaufgeschlossener Stärke = 548·5 Grm. In 3345 Liter süßer Maische + Hefe waren 76·3 Liter unlöslicher Rückstand. Es resultirten 3356 Liter vergohrene Maische mit (3356 — 76·3) 3279·7 Liter Flüssigkeit von 1·0059 spec. Gewicht = 3299 Kilo zu 1·494 pCt. Zuckerwerth = 1·345 Stärkewerth = 44·37 Kilo Stärkewerth unvergohren.

Jabitz. Versuch I. Kartoffeln und Grünmalz.

695·05 Grm. süße Maische = 18·38 Grm. Rückstand = 28·7 Grm. im Liter; davon 2·532 Grm. mit SO_3 zu 102·2 Cc., davon 66 Cc. zu 100 mit Bleiessig; 20 Cc. = 0·140 Grm. Kupferoxyd = 17·47 pCt. Stärkemehl = 5·014 Grm. im Liter unaufgeschlossene Stärke. Im Filtrat der süßen Maische 2·448 Grm. mit SO_3 zu 250 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·2141 Grm. Kupferoxyd = 19·83 pCt. Zuckerwerth.

Im Filtrat der vergohrenen Maische. 14·143 Grm. zu 100 davon 20 Cc. = 0·1055 reduc. Kupferoxyd = 1·692 pCt. Zucker + Dextrin; desgl. 14·575 Grm. = 0·1100 reduc. Kupferoxyd = 1·712 pCt. Mittel 1·702 pCt. Zucker + Dextrin.

Alkoholbestimmung. 250 Cc. Filtrat destillirt gaben 76·20 Grm. Destillat von 0·9665 spec. Gew. = 28·27 Vol.-pCt.; 76·2 Grm. = 78·84 Cc. zu 28·27 Vol.-pCt. = 22·312 Cc. Alkohol = 8·925 Vol. pCt in d. Flüssigkeit und, da 1 Liter 0·9817 Liter Flüssigkeit enthält, 8·76 Vol.-pCt. a. d. Maische, also enthält der Bottich 32762 Liter-pCt. Alkohol.

Berechnung der vergohrenen Stärkemengen. Eingemaischt 3415·2 Liter süßer Maische, in 1 Liter waren 28·7 Grm. Rückstand = 19·1 Cc. (= 65·2 Liter) also 980 Cc. Flüssigkeit zu 20·5 Saccharom. = 1·0856 spec. Gew. = 1064·9 Grm. im Liter zu 19·38 pCt. Zuckerwerth = 211·17 Grm. Zuckerwerth = 190·05 Stärkewerth unaufgeschlossen = 666·47 Kilo, dazu in 50 Kilo Darrmalz zur Hefe 23·2 Kilo Stärkewerth = 689·67 Kilo Stärkewerth insgesammt.

Es resultirten 3740 Liter vergohrene Maische, darin 68·7 Liter (65·2 + 3·5) unlöslicher Rückstand = 3671·3 Liter Flüssigkeit von 1·5 Saccharom. = 1·006 spec. Gewicht = 3693 Kilo zu 1·702 Zuckerwerth = 1·532 Stärkewerth = 56·58 Kilo Stärkewerth unvergohren.

Zabitz. Versuch III. Mais und Grünmalz.

668·65 Grm. süße Maische gaben 36·30 Grm. unlösl. Rückstand = 59·0 Grm. im Liter. 2·215 Grm. mit SO_3 zu 126·6 Cc., davon 90 Cc. neutralisirt zu 100; 20 Cc. Fehling'scher Lösung = 21·2 Cc. dieser Flüssigkeit = 0·09 Grm. Stärkewerth = **26·96** pCt. Stärkewerth (nur als Controle-Bestimmung) 2·097 Grm. unlösl. Rückstand zu 105·4 Cc., davon 75 Cc. zu 100, davon reducirten 20 Cc. 0·182 Grm. Kupferoxyd = 24·89 pCt. Stärkewerth.

Im Filtrat der süßen Maische. 2·675 Grm. Maischfiltrat mit Schwefelsäure zu 250 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·2021 Grm. Kupferoxyd = 17·13 pCt. Zucker, 2·639 Grm. Maischfiltrat zu 250 Cc., davon 57·8 Cc. = 20 Cc. Fehling = 0·10482 Grm. Zucker (titrirt) = 17·18 pCt. Zucker; Mittel **17·16** pCt.

Im Filtrat der vergohrenen Maische. 19·929 Grm. mit SO_3 zu 100, davon 19·7 Cc = 0·1525 Grm. Kupferoxyd = 1·762 pCt.; 18·036 Grm. zu 100 Cc. = 0·1390 Grm. Kupferoxyd = 1·748 pCt. Zuckerwerth; Mittel 1·755 pCt. Zuckerwerth.

Alkoholbestimmung. 250 Cc. Filtrat der vergohrenen Maische = 96·3 Grm. Destillat von 0·9747 spec. Gewicht = 21·3 Vol. = pCt. Alkohol. 96·3 Grm. = 98·8 Cc. Destillat zu 21·3 Vol.-pCt. = 21·044 Cc. Alkohol in 250 Cc. = 84·18 Cc. im Liter Maischfiltrat; 3759·8 Liter Flüssigkeit des Bottichs entsprechen daher einer Alkoholausbeute von **31659** Liter-pCt.

Die Berechnung der vergohrenen Mengen von Stärkewerth ist bei vorstehendem Versuch wie bei allen folgenden aus den Tabellen zu ersehen.

Zabitz. Versuch II. Kartoffeln und Darrmalz unter Melassezusatz.

747·5 Grm. süße Maische (vor Hefe und Melassezusatz) gaben 21·28 Grm. Rückstand; davon 2·546 Grm. mit Schwefelsäure zu 102·8 Cc., davon reducirten (nach dem Auffüllen von 75 Cc. zu 100 Cc.) 25 Cc. 0·2145 Grm. Kupferoxyd = 18·85 pCt., 2·408 Grm. zu 122·3 Cc., davon 90 Cc. zu 100; 20 Cc. Fehling = 0·09 Grm. Stärkewerth = 28 Cc. dieser Lösung = 18·14 pCt.; Mittel **18·50** pCt. Stärke.

Im Filtrat der süßen Maische. 2·855 Grm. mit Schwefelsäure zu 250 Cc. 52·5 Cc. dieser Lösung = 20 Cc. Fehling = 0·10482 Grm. Zucker = 17·49 pCt. Zucker, 2·580 Grm. zu 250 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·2008 Grm. Kupferoxyd (Controle-Bestimmung 0·2014 Grm.) = 17·65 pCt. Zucker; Mittel **17·57** pCt. Zucker.

Im Filtrat der vergohrenen Maische. 13·864 Grm. mit Schwefelsäure zu 100 Cc., davon reducirten 20 Cc. 0·1595 Grm. Kupferoxyd = 2·609 pCt. Zucker 14·348 Grm. zu 100 Cc., davon reducirten 20 Cc. 0·153 Grm. Kupferoxyd = 2·418 pCt. Zucker; Mittel **2·514** pCt. Zucker.

Alkoholbestimmung (durch Destillation). 250 Cc. Maischfiltrat = 80·92 Grm. Destillat von 0·9696 spec. Gew. = 26·2 Vol.-pCt. zu 83·46 Cc. Destillat = 21·8665 Cc. Alkohol = 87·47 Cc. im Liter Maischfiltrat zu 7822 Liter = 68419 Liter-pCt.

Brennerei-Versuche zu Salzmünde vom 18. bis 20. Dezember 1872.

Ungelöste Stärke in der süßen Maische vor Hefezusatz.

Versuch I. (viele trockenfaule Kartoffeln). 588·3 Grm. süße Maische gaben 21·32 Grm. unlöslichen Rückstand = 39·7 Grm. im Liter, davon 2·721 Grm. mit Schwefelsäure zu 123 Cc., davon 75 Cc. zu 100 neutralisirt; 20 Cc. = 0·2525 Grm. reduc. Kupferoxyd = 31·06 pCt. Stärke 2·870 zu 90·3 Cc., davon 66 Cc. zu 100 Cc, davon 10 Cc. = 0·1575 reduc. Kupferoxyd = 30·63 pCt. Stärkemehl; Mittel 30·85 pCt. unaufgeschlossenes Stärkemehl = 12·247 Grm. im Liter.

Versuch II. 593·2 Grm. Maische = 14·50 Grm. unlösl. Rückstand = 26·4 Grm. im Liter; davon 2·461 Grm. zu 115 Cc., davon 75 Cc. zu 100 Cc., 25 Cc. = 0·180 Grm. reduc. Kupferoxyd = 18·38 pCt. St.; 2·396 zu 114·9 Cc., davon 75 Cc. zu 100 Cc.; 20 Cc. =

0·1455 reduc. Kupferoxyd = 18·99 pCt. Stärkemehl; Mittel 18·69 pCt. unaufgeschlossenes Stärkemehl = 4·93 Grm. im Liter.

Versuch III. 582·6 Grm. Maische = 14·83 Grm. unlösl. Rückstand = 27·6 Grm. im Liter; davon 2·607 Grm. und 2·330 Grm. zu 96 und 116·9 Cc.; davon je 75 Cc. zu 100 Cc.; 25 und 20 Cc. reducirten 0·212 und 0·1298 Grm. Kupferoxyd = 17·00 und 17·68 im Mittel 17·34 pCt. unaufgeschlossene Stärke = 4·79 Grm. unaufg. im Liter.

Versuch vom Januar 1873.

512·5 Grm. Maische = 14·28 Grm. Rückstand = 30·1 Grm. im Liter. 2·333 Grm. zu 130·4, davon 75 Cc. zu 100 Cc.; 20 Cc. reducirten 0·1280 Grm. Kupferoxyd = 19·4 pCt. Stärkemehl = 5·960 Grm. im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische.

Versuch I. 2·487 und 2·487 Grm. mit Schwefelsäure erhitzt zu je 100 Cc., davon reducirten je 20 Cc. 0·196 und 0·197 Grm. Kupferoxyd = 17·87 oder 17·96 pCt. Zucker. Mittel **17·92** pCt. Zuckerwerth.

Versuch II. 2·744 und 2·531 Grm. zu je 100 Cc., davon reducirten je 20 Cc. 0·1895 und 0·1800 Grm. Kupferoxyd = 15·66 und 16·13 im Mittel **15·90** pCt. Zuckerwerth.

Versuch III. 2·359 und 2·219 Grm. zu 100 und 101 Cc., davon reducirten je 20 Cc. 0·1805 und 0·1725 Grm. Kupferoxyd = 17·35 und 17·80 pCt., im Mittel **17·58** pCt. Zuckerwerth.

Zucker im Filtrat der vergohrenen Maische.

Versuch I. 18·076 und 17·366 Grm. mit Schwefelsäure zu je 100 Cc., davon reducirten je 20 Cc. 0·1075 und 0·0995 Grm. Kupferoxyd = 1·343 und 1·299 pCt., im Mittel **1·321** pCt. Zuckerwerth.

Versuch II. 20·210 und 16·849 Grm. zu je 100 Cc., davon reducirten je 20 Cc. 0·112 und 0·074 Grm. Kupferoxyd = 1·257 und 1·000 pCt., im Mittel **1·128** pCt. Zuckerwerth.

Versuch III. Durch Explodiren verunglückten die Zuckerbestimmungen, es mußte daher nach der Relation der Saccharometerangabe zum Zuckergehalt nach dem Versuch II. geschlossen werden: von 1·6° Sacch. : 1·128 pCt. Zucker = 1·7 Sacch. : x = **1·199** pCt. Zuckerwerth.

Alkoholbestimmungen im Filtrat der vergohrenen Maische.

Je 250 Cc. Filtrat gaben I. 69·77, II. 69·32, III. 88·78 Grm. Destillat; von I. 0·9659, II. 0·9681, III. 0·9719 spec. Gew. = I. 72·33, II. 71·60, III. 91·35 Cc. Destillat; von I. 28·82, II. 26·80, III. 21·10 Vol.-pCt. Alkohol. Ein Liter Filtrat der vergohrenen Maische enthält daher I. 83·27, II. 76·76, III. 84·40 Cc. Alkohol; da bei I. 3855, II. 3845·2, III. 3814·1 Liter Flüssigkeit vorhanden, waren I. 32101, II. 29516, III. 32191 Liter-pCt. Alkohol im Bottich.

Aufschließung der Stärke in 2 Maischen aus Neubeesen und Zabitz.

Material, frei von kranken und trockenfaulen Kartoffeln.

Neubeesen. Saccharom. 22°; 397·10 Grm. Maische = 12·45 Grm. Rückstand = 32·0 Grm. im Liter; 2·210 Grm. davon mit Schwefelsäure zu 200 Cc., 34·5 Cc. = 20 Cc. Fehling'scher Lösung = 0·09 Grm. Stärke = 23·61 pCt. Stärke = 7·555 Grm. Stärke im Liter.

Zabitz. Saccharometer = 19·5°; 500 Grm. = 10·55 Grm. Rückstand = 22·9 Grm. im Liter, davon 2·353 Grm. zu 115·9 Cc., davon 75 Cc. neutralisirt zu 200 Cc.; 20 Cc. reducirten 0·0860 Grm. Kupferoxyd = 23·06 pCt. Stärke = 5·281 Grm. Stärke unaufgeschlossen im Liter.

Versuche mit sehr stärkemehlreichen Kartoffeln zu Trotha am 8. Januar 1873.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl.

Versuch I. 680·0 Grm. Maische = 22·00 Grm. unlösl. Rückstand = 35·74 Grm. im Liter, davon 2·489 Grm. mit Schwefelsäure erhitzt zu 135·8 Cc., davon 25 Cc. zu 53·5 Cc., davon reducirten 45 Cc. = 0·385 Grm. des Rückstandes 0·236 Grm. Kupferoxyd = 25·02 pCt. Stärke = **8·942** Grm. im Liter unaufgeschlossen.

Versuch II. 675·7 Grm. Maische = 23·50 Grm. Rückstand = 38·61 Grm. im Liter; davon

2·514 Grm. zu 128·34 Cc., davon 75 Cc. zu 100 Cc., davon 20 Cc. 0·183 Grm. Kupferoxyd = 25·42 pCt. Stärke = **9·812** Grm. im Liter unaufgeschlossen.

Zucker im Filtrat der süßen Maische.

Versuch I. 4·995 Grm. und 4·935 Grm. mit Schwefelsäure zu je 200 Cc., davon reducirten je 20 Cc. 0·2385 und 0·2315 Grm. Kupferoxyd = 21·65 und 21·27 pCt.; im Mittel **21·46** pCt. Zuckerwerth.

Versuch II. 4·999 Grm. zu 200 Cc., davon 20 Cc. = 0·2515 Grm. Kupferoxyd = **22·81** pCt. Zuckerwerth.

Zucker im Filtrat der vergohrenen Maische.

Vers. I. 29·753, Vers. II. 25·480 Grm. Filtrat zu je 200 Cc., davon reducirten 20 Cc. 0·121 und 0·109 Grm. Kupferoxyd = **1·84** und **1·93** pCt. Zuckerwerth.

Alkoholbestimmungen im Filtrat der vergohrenen Maische.

Je 250 Cc. Filtrat gaben I. 78·495, II. 101·642 Grm. Destillat von I. 0·9630, II. 0·9698 spec. Gew. = I. 81·51, II. 104·8 Cc. Destillat von I. 31·33, II. 25·20 Vol.-pCt. Alkohol = I. 102·15, II. 105·64 Cc. Alkohol im Liter Flüssigkeit. Da I 3875·3, II. 4003·7 Liter Flüssigkeit enthielt, stellt sich die Alkohol-Ausbeute zu 39583 und 42295 Liter-pCt.

Versuch mit gesunden sehr stärkemehlreichen Kartoffeln zu Trotha im Februar 1873.

531·8 Grm. Maische von 22·2° Saccharometer gaben 15·95 Grm. Rückstand = 33·03 Grm. im Liter; davon 2·566 Grm. zu 129·4 Cc., davon 75 Cc. zu 100 Cc. 20 Cc. reducirten 0·187 Grm. Kupferoxyd = 25·64 pCt. Stärke = **8·486** Grm. unaufgeschlossene Stärke im Liter.

Versuch zu Trotha am 27. Mai 1873.

Im Filtrat der süßen Maische Saccharom. 22·2°; 2·916 und 3·236 Grm. mit Schwefelsäure erhitzt zu 100 Cc., davon reducirten je 20 und 10 Cc. 0·2545 und 0·1480 Grm. Kupferoxyd = 19·79 und 20·74 pCt. Zucker, im Mittel **20·27** pCt. Zucker.

805·5 Grm. Maische gaben 26·3 Grm. unlöslichen Rückstand = 36·01 Grm. im Liter zu 25·0 pCt. Stärkemehl = 9·003 Grm. unaufgeschlossenes Stärkemehl im Liter.

Versuch zu Benkendorf am 18. Mai 1873.

Aufschließung des Stärkemehls der Kartoffeln bei vorgerückter Jahreszeit.

729·05 Grm. Maische = 13·2 Grm. unlösl. Rückstand = 19·00 Grm. im Liter 1·209 und 1·075 Grm. mit Schwefelsäure erhitzt zu 80·4 und 68·9 Cc., davon je 50 Cc. zu 100 Cc. neutralisirt; 25 Cc. reducirten 0·0910 und 0·0895 Grm. Kupferoxyd = 19·76 und 18·73 pCt. Stärke, im Mittel **19·25** pCt. = **3658** Grm. im Liter Maische unaufgeschlossene Stärke.

3·203 und 2·971 Grm. Filtrat der Maische zu 100 Cc. mit Schwefelsäure erhitzt, davon reducirten je 20 Cc. 0·2000 und 0·1850 Grm. Kupferoxyd = 14·16 und 14·12 pCt. Zuckerwerth; Mittel **14·14** pCt.

Versuch zu Trotha am 10. Nov. 1873 mit dem Hollefreund'schen Apparate.

Kartoffeln von 22 pCt. Stärkemehlgehalt.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 664·5 Grm. Maische = 16·3 Grm. unlösl. Rückstand = 26·79 Grm. im Liter, davon gaben 2·117 Grm. mit Schwefelsäure zu 200, davon 25 Cc. = 0·167 Grm. reducirtes Kupferoxyd = 25·75 pCt Stärke = **6·898** Grm. im Liter.

Im Filtrat der süßen Maische. 2·2555 Grm. zu 100 Cc. mit Schwefelsäure, davon reducirten 20 Cc. 0·1905 Grm. Kupferoxyd = **19·15** pCt. Zuckerwerth.

Im Filtrat der vergohrenen Maische. 15·147 Grm. und 15·8105 Grm. zu 100 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·0800 und 0·0795 Grm. Kupferoxyd = 0·957 und 0·912 pCt., Zuckerwerth im Mittel **0·935** pCt.

Alkoholbestimmung im Filtrat der vergohrenen Maische. 500 Cc. Filtrat gaben 141·3 Grm. Destillat von 0·9647 spec. Gew. = 146·6 Cc. von 30 pCt. = Vol. = 43·98 Cc. Alkohol = 87·96 Cc. im Liter zu 3304 Liter Maischflüssigkeit = 29063 Liter-pCt. Alkohol.

Versuch zu Trotha am 7. April 1875 mit dem Hollefreund'schen Apparate.

Kartoffeln von 21·5 pCt. Stärkemehlgehalt.

Das ursprüngliche Volumen der süßen Maische betrug 3483·2 Liter; hierzu wurden 246 Liter Hefe gefügt = 3729·2; davon wurden 220 Liter zum Anstellen eines Syrupsbottiches abgenommen, von der eingemaischten Stärkemenge von 836·28 Kilo verblieben daher im Bottich nur $836{\cdot}28 \frac{3509{\cdot}2}{3279{\cdot}2} = 786{\cdot}95$ Kilo. Ebenso ist für die Berechnung der Flüssigkeit der vergohrenen Maische in den 220 Litern eine entsprechende Menge unlöslichen Rückstandes abgerechnet worden.

Unlöslicher Rückstand in der süßen Maische. 1000 Grm. = 41·05 Grm. unlösl. Rückstand = 45·7 Grm. im Liter, davon 2·573 zu 250 Cc., davon 25 Cc. = 0·2382 und 0·2400 Grm. reducirtes Kupferoxyd = 37·78 und 38·07 pCt. Stärkemehl = 37·93 Mittel; 2·858 Grm. desgl. = 0·2690 Grm. Kupferoxyd = 38·42 pCt. Mittel 38·18 pCt. unaufgeschl. Stärkemehl = **17·45** Grm. im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische.

5·405 Grm. zu 250 Cc., davon 25 Cc. = 0·2676 Grm. Kupferoxyd = 22·45 pCt. Zuckerwerth.
5·3925 „ „ „ „ „ = 0·2692 „ „ = 22·64 „ „
im Mittel **22·55** pCt. Zuckerwerth.

Zucker im Filtrat der vergohrenen Maische. 50·55 Grm. zu 250 Cc., davon 25 Cc. = 0·1571 Grm. Kupferoxyd = **1·410** pCt. Zuckerwerth.

Alkoholbestimmung im Filtrat der vergohrenen Maische. 1 Liter Filtrat = 253·1 Grm. Destillat von 0·9538 spec. Gew. = 265·36 Cc. von 38·76 pCt. Vol. = 102·854 Cc. zu 3940·7 Liter Flüssigkeit = 39469 Liter-pCt. Alkohol.

Versuche zu Benkendorf über die Aufschließung des Stärkemehls von Cerealien im Hollefreund'schen Apparate.

I. Roggen, 20 Minuten verzuckert. II. Desgl., 2 Stunden verzuckert.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. I. 637·0 Grm., II 662·25 Grm. = I. 33·25, II. 37·70 Grm. unlösl. Rückstand = I. 56·50, II. 62·26 Grm. im Liter.

Versuch I. 1·022 Grm. d. Rückstandes mit Schwefelsäure zu 68·1 Cc., davon 50 Cc. zu 100 Cc., davon reducirten 20 Cc. 0·143 Grm. Kupferoxyd = 38·88 pCt. Stärke; 2·325 Grm. zu 200 Cc., davon je 20 Cc. 0·200 und 0·203 Grm. Kupferoxyd = 35·38 pCt. Stärke = 37·13 pCt. im Mittel = **20·98** Grm. im Liter unaufgeschlossen.

Versuch II. 1·083 Grm. zu 67·0 Cc., davon 50 Cc. zu 100 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·1875 Grm. Kupferoxyd = 37·88 pCt.; 2·257 Grm. zu 250 Cc., davon 20 Cc. = 0·1655 Grm. Kupferoxyd = 37·41 pCt. = 37·64 pCt. im Mittel = **23·44** Grm. unaufgeschlossen im Liter.

Im Filtrat der süßen Maische.

I. 68·08 Grm. conc. Maische zu 204·24 Grm.
II. 79·05 „ „ „ zu 205·60 „
} zu nachstehenden Bestimmungen verdünnt.

Zucker, als solcher vorhanden.

I. 8·062 Grm. = 2·687 Grm. conc. zu 100 Cc., davon 20 Cc. = 0·0895, 40 Cc. = 0·1805 Grm. Kupferoxyd 7·55 und 7·62 = **7·59** pCt. Zucker.

II. 8·642 Grm. = 3·323 Grm. conc. zu 100 Cc., davon 40 Cc. = 0·2315 und 0·2395 Grm. Kupferoxyd = 7·89 und 8·17 = **8·03** pCt. Zucker.

Zuckerwerth als Zucker und Dextrin.

I. 6·600 Grm. = 2·200 Grm. conc. M. zu 100 Cc., dav. 20 Cc. = 0·1535 Grm. Kupferoxyd = 15·81 pCt.
7·483 „ = 2·494 „ „ „ „ „ „ „ = 0·1775 „ „ = 16·14 pCt.
im Mittel **15·98** pCt. Zuckerwerth.

II. 7·773 Grm. = 2·9886 Grm. conc. M. zu 100 Cc., dav. 20 Cc. = 0·2175 Grm. Kupferoxyd = 16·49 pCt.
7·796 „ = 2·9974 „ „ „ „ „ „ „ = 0·2250 „ „ = 17·32 pCt.
im Mittel **16·91** pCt. Zuckerwerth.

Versuche über die Aufschließung der Stärke im Mais zu Benkendorf.

I. Mais geschroten. II. Mais fein gemahlen.

I. 674·55 Grm. und II. 859·3 Grm. Maische = I. 44·4 und II. 38·3 Grm. unlösl.

Rückstand = I. 72·03 und II. 47·70 Grm. im Liter zur Stärkemehlbestimmung entfettet: I. 10 Grm. = 9·211 II. 10 Grm. = 9·485 Grm. entfettet.

Versuch I. 0·999 Grm. = 1·085 Grm. ursprünglich zu 92 Cc., davon 50 Cc. zu 100 Cc., davon reducirten 40 Cc. 0·1810 Grm. Kupferoxyd = 30·95 pCt. Stärke; 2·267 Grm. = 2·461 Grm. ursprünglich zu 200 Cc., davon 20 Cc. = 0·185 und 0·183 = 0·184 Grm Kupferoxyd = 30·52 pCt. Stärke, im Mittel 30·78 pCt. Stärkemehl = **22·17** Grm. im Liter unaufgeschlossene Stärke.

Versuch II. 1·046 Grm. = 1·1028 Grm. ursprünglich zu 79 Cc., davon 50 Cc. zu 100 Cc., davon reducirten 40 Cc., 0·1675 Grm. Kupferoxyd = 24·49 pCt. Stärke; 1·009 Grm. = 1·0637 Grm. ursprünglich zu 81·6 pCt., davon 50 Cc. zu 100 Cc., davon reducirten 37 Cc. 0·1460 Grm. Kupferoxyd = 23·86 pCt. = 24·14 pCt. im Mittel = **11·53** Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische.

I. 2·804 Grm., II. 3·333 und 2·448 Grm. Filtrat zu je 100 Cc., davon reducirten von je I. 20, II. je 25 Cc., bei I. 0·2245 Grm. bei II. 0·2490 und 0·1795 Grm. Kupferoxyd = I. **18·15** pCt., II. 13·55 und 13·30, im Mittel **13·43** pCt. Zuckerwerth löslich.

Versuche über die Aufschließung des Stärkemehls nach dem alten Verfahren bei Handbetrieb zu Conradsdorf.

Versuch I. Saccharom. = 24·4° zu 94 pCt. = 22·94 pCt. Zuckerwerth; 875 Grm. Maische gaben 40·3 Grm. Rückstand = 51·42 Grm. im Liter; davon 2·087 Grm. mit Schwefelsäure erhitzt zu 200 Cc., davon 25 Cc. = 0·1925 Grm. Kupferoxyd = 30·12 pCt. Stärke = **15·488** Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen im Liter.

Versuch II. Saccharom. = 23·2° zu 94 pCt. = 21·81 pCt. Zuckerwerth; 934 Grm. Maische gaben 40·6 Grm. Rückstand = 48·25 Grm. im Liter; davon 2·025 und 2·111 Grm. mit Schwefelsäure erhitzt zu je 200 Cc. Davon je 25 Cc. = 0·2130 und 0·2140 Grm. Kupferoxyd = 34·35 und 33·10 pCt., im Mittel 33·75 pCt. Stärke = **16·275** Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen im Liter.

Versuch III. Saccharom. 23·2° zu 94 pCt. = 21·81 pCt. Zuckerwerth; 850 Grm. Maische gaben 36·1 Grm. Rückstand = 47·3 Grm. im Liter; davon 2·075 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·200 Grm. Kupferoxyd = 30·92 pCt. Stärke = **14·625** Grm. Stärkemehl unaufgeschlossen im Liter.

Versuche zu Trotha mit Mais und Mais-Kartoffeln.

Versuch mit Mais am 17. März.

Das ursprüngliche Volumen der süßen Maische betrug 3694 Liter, dazu kamen 246 Liter Hefe = 3940·7 Liter; hiervon wurden 220 Liter zum Anstellen eines Syrupbottichs abgenommen, es blieben somit 3720·7 Liter Maische im Bottich und von dem ursprünglich eingemaischten Zuckergehalt $\frac{3720·7}{3940·7}$ = 693·4 Kilo. In demselben Verhältniß ist auch das Volumen des unlöslichen Rückstandes in der vergohrenen Maische zu verkleinern.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 1000 Grm. = 60·0 Grm. unlösl. Rückstand = 66·0 Grm. im Liter, davon 3·024 und 2·850 Grm. zu 250 Cc.; davon reducirten 25 Cc. 0·2051 und 0·1919 Grm. Kupferoxyd = 27·35 und 27·48 pCt. Stärkemehl, im Mittel 27·42 pCt. = 18·097 Grm. Stärkemehl im Liter unaufgeschlossen.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. 5·219 und 5·239 Grm. zu 250 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2247 und 0·2235 Grm. Kupferoxyd = 19·53 und 19·36 pCt., im Mittel **19·45** pCt. Zuckerwerth.

In der vergohrenen Maische; Zucker 50 Cc. = 50·06 Grm. zu 500 Cc., davon reducirten 50 Cc. 0·1540 und 0·1525 Grm. Kupferoxyd = 1·396 und 1·382 pCt., im Mittel 1·390 pCt. Zuckerwerth. Alkohol. 1 Liter Filtrat = 269·85 Grm. Destillat von 0·9572 spec.

Gew. = 281·9 Cc. zu 36·7 Vol.-pCt. = 103·46 Cc. Alkohol im Liter Flüssigkeit zu 3942·8 Liter Flüssigkeit = **40·792** Liter-pCt. Alkohol.

Versuch mit Mais und Kartoffeln am 7. April 1875.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 1000 Grm. = 49·7 Grm. unlösl. Rückstand = 55·1 Grm. im Liter, davon 2·658 und 2·645 Grm. zu 250 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2309 und 0·2249 = 35·46 und 34·71 pCt. Stärkemehl = 35·09 pCt. im Mittel = 19·335 Grm Stärkemehl im Liter unaufgeschlossen

Zucker im Filtrat der süßen Maische. 5·488 und 5·500 Grm. zu 250 Cc., davon reducirten je 25 Cc. 0·2658 und 0·2647 Grm. Kupferoxyd = 21·97 und 21·82 pCt. Zuckerwerth, im Mittel **21·90** pCt.

In der vergohrenen Maische. Zuckerwerth. 50 Cc. = 50·40 Grm. zu 250 Cc., davon reducirten je 25 Cc. 0·1387 und 0·1377 Grm. Kupferoxyd = 1·228 und 1·239 pCt., im Mittel 1·234 pCt. Zuckerwerth. Alkohol. 1 Liter Filtrat = 297·2 Grm. Destillat von 0·9620 spec. Gewicht = 308·94 Cc. von 33·08 Vol.-pCt. = 102·197 Cc. Alkohol zu 3919·4 Liter Flüssigkeit der Maische = **40056** Lit.-pCt. Alkohol.

Versuche mit dem Bohm'schen Apparat.

I. Versuch zu Kleinhof 25. Mai 1873.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 694·2 Grm. süße Maische = 19·9 Grm. Rückstand = 31·18 Grm. im Liter; davon 1) 1·002 Grm. und 1·052 Grm. zu 86·3 und 77·9 Cc., davon je 50 Cc. neutralisirt zu 100 Cc., davon reducirten je 40 Cc. 0·1020 und 0·1305 Grm. Kupferoxyd = 17·93 und 19·72 pCt. Stärkemehl. 2) 1·984 und 2·022 Grm. Rückstand zu je 200 Cc., davon reducirten je 25 Cc. 0·116 und 0·1115 Grm. Kupferoxyd = 19·09 und 18·01 pCt. Stärkemehl; im Mittel aller 4 Bestimmungen **18·69** pCt. Stärkemehl = **5·828** Grm. Stärke unaufgeschlossen im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. 3·4790 und 3·2730 Grm. Filtrat zu 101 Cc., davon je 20 Cc. = 0·256 und 0·2425 Grm. reduc. Kupferoxyd = 16·85 und 16·97 pCt. Zuckerwerth, im Mittel **16·91** pCt.

In der vergohrenen Maische. Zuckerwerth. 15·848 und 16·173 Grm. Filtrat der vergohrenen Maische zu 100 Cc. reducirten 0·123 und 0·1275 Grm. Kupferoxyd = 1·41 und 1·43 pCt. im Mittel **1·42** pCt. Zuckerwerth. Alkohol 500 Cc. Filtrat der vergohrenen Maische gaben 120·49 Grm. Destillat von 0·9657 spec. Gewicht = 124·8 Cc. von 29·0 Vol.-pCt. = 73·284 Cc. Alkohol im Liter Flüssigkeit der vergohrenen Maische, zu 2061·9 Liter = 14924 Liter-pCt. Alkohol.

II. Versuch zu Kötschau, Januar 1874.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 940 Grm. süße Maische gaben 25·5 Grm. unlöslichen Rückstand = 29·36 Grm. im Liter; davon 2·181 Grm. und 2·089 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·1700 und 0·1735 Grm. Kupferoxyd = 25·45 und 27·05 pCt. Stärkemehl, im Mittel **26·25** pCt.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. (Zucker und Dextrin.) 4·023 und 4·133 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten je 25 Cc. 0·1877 und 0·2015 Grm. Kupferoxyd = 16·95 und 17·69 pCt., im Mittel 17·32 pCt. Zuckerwerth. (Zucker) 8·310 Grm. zu 200 Cc. = 0·1980 Grm. Kupferoxyd = **8·65** pCt. Zucker.

In der vergohrenen Maische. (Zucker und Dextrin.) 25 Cc. = 25·2 Grm. zu 200 Cc.; davon 25 Cc. = 0·1125 Grm. Kupferoxyd = **1·617** pCt. Zuckerwerth. (Zucker) 50 Cc. = 50·4 Grm. zu 200 Cc., davon 25 Cc. = 0·0502 Grm. Kupferoxyd = **0·361** pCt. Zucker. Alkohol. 500 Cc. Filtrat gaben 115·455 Grm. Destillat von 0·9596 spec. Gew. = 120·21 Cc. von 34 Vol.-pCt. = 81·764 Cc. Alkohol im Liter Filtrat zu 1943·7 Liter = 15892 Liter-pCt. Alkohol.

III. Versuch zu Belgershain am 30. Januar 1874.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 785·2 Grm. süße Maische gaben 22·6 Grm. unlöslichen

Rückstand = 31·48 Grm. im Liter; davon gaben 2·139 Grm. zu 200 Cc., davon je 25 Cc. 0·1420 und 0·1460 Grm. reducirtes Kupferoxyd = 21·68 und 22·29, im Mittel **21·99** pCt. Stärkemehl.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. (Zucker und Dextrin.) 4·044 und 4·018 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2180 und 0·2165 Grm. Kupferoxyd = 19·56 und 19·55, im Mittel **19·56** pCt. Zuckerwerth. (Zucker.) 8·139 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2140 und 0·2165, im Mittel 0·2153 Grm. Kupferoxyd = 9·60 pCt. Zucker.

In der vergohrenen Maische. (Zucker und Dextrin.) 25 Cc. = 25·14 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·060 und 0·057, im Mittel 0·0585 Grm. Kupferoxyd = 0·844 pCt. Zuckerwerth. (Zucker.) 50 Cc. = 50·28 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·045 Grm. Kupferoxyd = 0·325 pCt. Zucker. Alkohol 500 Cc. Filtrat = 128·895 Grm. Destillat von 0·9558 spec. Gew. = 134·85 Cc. von 36·85 Vol.-pCt. Alkohol = 99·384 Cc. Alkohol im Liter Flüssigkeit zu 3443·9 Liter = 34228 Liter-pCt. Alkohol.

IV. Versuch über die Aufschließung von Mais im Bohm'schen Apparat zu Belgershain am 14. September 1874.

1000 Grm. Maische gaben 66·85 Grm. Rückstand = 73·83 Grm. im Liter; davon 2·705 Grm. zu 250, davon reducirten 25 Cc. 0·1843 und 0·1782 Grm. Kupferoxyd = 27·81 und 26·89, im Mittel 27·35 pCt. Stärkemehl.

Versuche mit dem Henze'schen Apparat.

I. Versuch zu Otterwisch bei Leipzig, 30. Januar 1874.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 769·2 Grm. Maische gaben 26·60 Grm. unlöslichen Rückstand = 35·50 Grm. im Liter. Davon gab 2·106 und 2·107 Grm. mit Schwefelsäure erhitzt zu 200 Cc., davon je 25 Cc. 0·167 und 0·176 = 25·89 und 27·28 pCt., im Mittel **26·59** pCt. Stärkemehl = 9·44 Grm. im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. (Zucker und Dextrin.) 4·039 und 4·016 Grm. zu 200 Cc., davon 25 Cc. a) 0·2245 und 0·2240 Kupferoxyd = 20·17 pCt. b) 0·2380 und 0·2295 Grm Kupferoxyd = 21·12 pCt., im Mittel **20·65** pCt. Zuckerwerth. (Zucker.) 8·311 Grm. zu 200 Cc. Davon reducirten 25 Cc. 0·2180 und 0·2180 Grm. Kupferoxyd = 9·52 pCt. Zucker.

In der vergohrenen Maische. (Zucker und Dextrin.) 25 Cc. = 25·23 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·134 und 0·138, im Mittel 0·136 Grm. Kupferoxyd = 1·956 pCt. Zuckerwerth. (Zucker) 50 Cc. = 50·46 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·081 Grm. Kupferoxyd = 0·582 pCt. Zucker. Alkohol. 500 Cc. Filtrat gaben 105·4 Grm. Destillat von 0·9499 spec. Gewicht = 110·96 Cc. von 40·70 Vol.-pCt. Alkohol = 90·322 Cc. im Liter Flüssigkeit zu 1809·6 Liter = 16345 Liter-pCt. Alkohol.

II. Versuch zu Emersleben bei Halberstadt, 9. Februar 1874.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 924·3 Grm. Maische gaben 35·2 Grm. unlöslichen Rückstand = 41·79 Grm. im Liter, davon 2·084 und 2·136 Grm. zu 200 Cc., davon 25 Cc. = 0·1835 und 0·1930 Grm. reduc. Kupferoxyd = 28·75 und 29·50 pCt., im Mittel **29·13** pCt. Stärkemehl = 12·174 Grm. im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. (Zucker und Dextrin.) 3·735 und 3·9785 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2113 und 0·2275 Grm. Kupferoxyd = 20·69 und 20·75 im Mittel **20·72** pCt. Zuckerwerth. (Zucker.) 8·020 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2170 und 0·2205, im Mittel 0·2188 Grm. Kupferoxyd = **9·89** pCt. Zucker.

In der vergohrenen Maische. (Zucker und Dextrin.) 25 Cc. = 25·2 Grm. zu 200 Cc. Davon reducirten 25 Cc. 0·0735 und 0·0735 Kupferoxyd = **1·058** pCt. Zuckerwerth. (Zucker.) 50 Cc. = 50·4 Grm. zu 200 Cc. Davon reducirten 25 Cc. 0·0360 Grm. Kupferoxyd = 0·26 pCt. Zucker. Alkohol. 500 Cc. Filtrat gaben 97·815 Grm. Destillat von 0·9464 spec. Gew. = 103·35 Cc. zu 42·8 pCt.-Vol. = 88·466 Cc. Alkohol im Liter Flüssigkeit zu 3359·1 = 29717 Liter-pCt.

III. und IV. Versuch zu Emersleben am 1. und 13. November 1873.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. III. 804·5 Grm. Maische = 27·4 Grm. unlöslichen Rückstand = 37·47 Grm. im Liter, davon reducirten 2·139 Grm. zu 200 Cc., davon 25 Cc. 0·1630 und 0·1630 Grm. Kupferoxyd = 24·88 pCt. Stärkemehl = 9·323 Grm. im Liter. IV. 1298·2 Grm. Maische = 45·0 Grm. Rückstand = 38·15 Grm. im Liter, davon 2·110 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·1655 und 0·1735 Grm. Kupferoxyd = 25·59 und 26·76 pCt., im Mittel 26·13 pCt. Stärkemehl = **9·969** Grm. im Liter. Zuckerwerth im Filtrat 3·529 Grm. zu 100 Cc., davon reducirten 10 Cc. 0·1575 und 0·1546 Grm. Kupferoxyd = 20·24 und 19·86, im Mittel 20·05 pCt. Zuckerwerth.

V. Versuch zu Röderhof bei Halberstadt am 11. Februar 1874.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 853·5 Grm. Maische gaben 36·3 Grm. unlöslichen Rückstand = 47·027 Grm. im Liter; davon 2·112 und 2·172 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·274 und 0·2765 Grm. Kupferoxyd = 42·36 und 41·56 pCt. Stärke, im Mittel **41·96** pCt. = 19·732 Grm. im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. (Zucker und Dextrin.) 4·126 und 4·171 Grm. zu 200 Cc., davon 25 Cc. = 0·2440 und 0·2450 Grm. reduc. Kupferoxyd = 21·46 und 21·31, im Mittel **21·39** pCt. Zuckerwerth. (Zucker.) 8 368 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2453 und 0·2413, im Mittel 0·2433 Grm. Kupferoxyd = **10·55** pCt. Zucker.

In der vergohrenen Maische. (Zucker und Dextrin.) 25 Cc. = 25·21 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0.105 und 0·1055, im Mittel 0·1053 Grm. Kupferoxyd = 1·514 pCt. Zuckerwerth. (Zucker.) 50 Cc. = 50·42 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·0910 Grm. Kupferoxyd = 0·655 pCt. Zucker. Alkohol. 500 Cc. Filtrat gaben 131·735 Grm. Destillat von 0·9548 spec. Gewicht = 137·97 Cc. von 37·53 Vol.-pCt. = 103·56 Cc. Alkohol im Liter Flüssigkeit zu 3631·0 Liter = **37603** Liter-pCt. Alkohol.

VI. Versuch zu Merzien bei Cöthen am 18. Juni 1873.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 1069·5 Grm Maische gaben 40·5 Grm. unlöslichen Rückstand = 42·69 Grm. im Liter; davon 3·562 Grm. zu 180·2 Cc., davon 100 Cc. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2016 Grm. Kupferoxyd; 3·749 Grm. zu 184·2 Cc., davon 100 Cc. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2065 Grm. Kupferoxyd = 33·31 und 33·13, im Mittel **33·22** pCt. Stärkemehl = **14·182** Grm. im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. (Zucker und Dextrin.) 2·1735 und 2·1895 zu 100 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·2285 und 0·2300 Grm. Kupferoxyd = 19·07 und 19·06 pCt., im Mittel **19·07** pCt. Zuckerwerth.

VII. Versuch zu Schlanstedt bei Halberstadt am 30. October 1873.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 760·2 Grm. Maische gaben 26·9 Grm. unlöslichen Rückstand = 39·21 Grm. im Liter; davon 2·118 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·172 und 0·166 Grm. Kupferoxyd = 26·52 und 25·59 pCt. Stärke, im Mittel 26·00 pCt. Stärkemehl = 10·22 Grm. im Liter.

VIII. und IX. Versuch zu Ermsleben im November 1873.

VIII. Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 675·6 Grm. Maische gaben 19·3 Grm. unlöslichen Rückstand = 31·0 Grm. im Liter; davon 2·113 Grm. zu 200, davon reducirten 25 Cc. 0·1390 und 0·1373 Grm. Kupferoxyd = 21·48 und 21·22 pCt., im Mittel **21·35** pCt. Stärkemehl = 6·620 Grm. im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. (Zucker und Dextrin.) 3·519 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·1793 und 0·1695 Grm. Kupferoxyd = 18·48 und 17·48 pCt., im Mittel **17·98** pCt. Zuckerwerth. (Zucker.) 7·338 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·182 und 0·1813, im Mittel 0·1817 Grm. Kupferoxyd = **8·98** pCt. Zucker.

IX. Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 504·3 Grm. Maische gaben 16·8 Grm. unlöslichen Rückstand = 36·38 Grm. im Liter; davon 2·0915 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·1813 und 0·1775, im Mittel 0·1794 Grm. Kupferoxyd = **28·06** pCt. Stärkemehl = **10·22** Grm. im Liter.

X. Versuch zu Nedlitz im October 1875.

Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 1000 Grm. Maische gaben 29·0 Grm. unlöslichen Rückstand = 31·69 Grm. im Liter; davon gaben 2·970 und 3·038 Grm. zu 250 Cc., davon 25 Cc. 0·1319 und 0·1324 Grm. reducirtes Kupferoxyd = 18·13 und 17·79 pCt., im Mittel **17·96** pCt. Stärkemehl = 5·691 Grm. im Liter.

Zucker im Filtrat der süßen Maische. 5·336 und 5·310 Grm. zu 250 Cc., davon 25 Cc. gaben 0·2148 und 0·2195 Grm. reducirtes Kupferoxyd = 18·26 und 18·75 pCt., im Mittel **18·51** pCt. Zuckerwerth.

Unaufgeschlossene Stärke aus dem Malz. 1000 Grm. Maische gaben 1·587 Grm. Malzkörner, davon 1·489 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·1268 Grm. Kupferoxyd = **27·81** pCt. Stärkemehl = 0·4844 Grm. pr. Liter.

Versuche nach der Lwowski'schen Modification des Henze'schen Verfahrens im Juli 1876.

XI. Versuch mit Kartoffeln. Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 1100 Grm. Maische gaben 25·7 Grm. unlöslichen Rückstand; davon 2·428 und 2·4225 Grm. zu 200 Cc., davon reducirten 25 Cc. 0·1575 und 0·1625 Grm. Kupferoxyd = 21·19 und 21·89 pCt., im Mittel **21·54** pCt. Stärkemehl. — Zucker im Filtrat der süßen Maische. 5·2565 und 5·2725 Grm. Filtrat zu 250 Cc., davon 25 Cc. reducirten 0·1860 und 0·1860 Grm. Kupferoxyd = 16·05 und 16·00, im Mittel **16·03** pCt. Zuckerwerth.

XII. Versuch mit Mais. Unaufgeschlossenes Stärkemehl. 1000 Grm. Maische gaben 32·3 Grm. unlöslichen Rückstand; davon a) 2·2025 und b) 2·1065 zu 200 Cc. Davon reducirten 25 Cc. a) 0·1265 und 0·1270, im Mittel 0·1268, b) 0·1235 Grm. Kupferoxyd = 18·79 und 19·14 pCt., im Mittel **18·97** pCt. Stärke unaufgeschlossen. — Zucker im Filtrat der süßen Maische. a) 5·1935 und b) 5·2490 Grm. Filtrat zu 250 Cc., davon reducirten 25 Cc., a) 0·1680 und 0·1685, im Mittel 0·1683, b) 0·1695 Grm. Kupferoxyd = 14·68 und 14·65 pCt., im Mittel **14·67** pCt. Zuckerwerth.

Untersuchungen über Moorcultur.

I.

Das Verhalten der Moorsubstanz gegen den Stickstoff und Sauerstoff der atmosphärischen Luft.

Von

Dr. A. Vagel.

(Hierzu eine Zeichnung der Absorptionsapparate.)

In jeder Bodenart gehen bekanntlich unter der Einwirkung der atmosphärischen Luft und der Niederschläge fortwährende Veränderungen vor, die sowohl für die physikalische als auch besonders für die chemische Beschaffenheit des Bodens von wesentlichem Einflusse sind. In erhöhtem Grade machen sich diese Veränderungen bei der Moorsubstanz geltend, wo ja durch das continuirliche Absterben großer Mengen von Pflanzen und deren Umwandlung in die sogenannte Moorsubstanz jener Prozeß vorzugsweise sehr rege sein muß. Daß die atmosphärische Luft unter Beihülfe des Wassers bei diesem Vorgange eine Hauptrolle spielt, unterliegt keinem Zweifel; es dürfte daher interessant sein, zu ermitteln, welcher Bestandtheil der Luft hierbei vornehmlich in Action tritt.

Man kann daher die Frage für die Bestandtheile der Luft getrennt behandeln und untersuchen:

I. Wird der atmosphärische Stickstoff durch die Moorsubstanz in gebundene Form übergeführt?

II. Wie verhält sich der Moorsubstanz gegenüber der Sauerstoff der Atmosphäre?

I. Erfährt der atmosphärische Stickstoff eine Umwandlung in der Moorsubstanz?

Mit dieser Frage hat sich unter Anderen besonders E. Simon beschäftigt; die Resultate seiner Untersuchungen finden sich in: „Versuchs-Stationen 1875, S. 460“, wo folgende beiden Sätze die obige Frage beantworten sollen:

1) Die Humussäure besitzt die Eigenschaft, den Stickstoff der Luft zu absorbiren und Ammoniak zu bilden.

2) Die Stickstoffaufnahme hat eine Kohlensäurebildung zur Folge.

Diesem Urtheile können wir uns aber nach unseren Beobachtungen nicht anschließen. Ehe wir indessen auf die Besprechung der Simon'schen Arbeit eingehen, sollen einige Untersuchungen mitgetheilt werden, die zur Lösung derselben Frage im hiesigen Laboratorium ausgeführt wurden. Wir schlugen zu diesem Zwecke einen anderen Weg ein, als E. Simon, nämlich den der gasometrischen Analyse einer Luft, welche längere Zeit mit feuchter Moorsubstanz in Berührung gewesen war. Es schien uns nothwendig, genaue quantitative Bestimmungen zur Basis unserer Schlüsse zu machen, während Simon bei dieser Frage sich meist mit qualitativen Beobachtungen begnügte.

Zunächst wurde ganz davon Abstand genommen, reine Humussäure anzuwenden, sondern es wurde die Humussubstanz, wie sie in natürlichen Moorarten vorkommt, benutzt; da ja der Zweck dieser Arbeit sein soll, die in der Natur wirklich stattfindenden Processe zu studiren und aufzuklären, und da ein Rückschluß von der Wirkung einer möglicherweise zersetzten Substanz auf eine Thätigkeit des Bodens, wie derselbe von Simon gemacht ist, uns zu gewagt erschien.

Es sollten aber in der vorliegenden Arbeit nicht Untersuchungen der Humussubstanz, sondern, als weit genauer und vorwurfsfreier, Untersuchungen von Luft, welche man unter verschiedenen Verhältnissen mit Humussubstanzen in Berührung ließ, ausgeführt werden.

Die Luftanalysen wurden nach der Bunsen'schen Methode ausgeführt, welche darin besteht, daß die Kohlensäure und Feuchtigkeit der Luft durch Kalikugeln, die an Eisendrähte gegossen sind, entfernt und der Sauerstoff dann durch pyrogallussaures Kalium in alkalischer Lösung absorbirt wird; der Rest ist Stickstoff. Um das pyrogallussaure Kalium bequem in das Eudiometer ein- und ausführen zu können, wurde mit Hülfe einer Kugelform an passenden Eisendrähten Papiermachékugeln befestigt, dieselben dann getrocknet und in die stark concentrirte Lösung des pyrogallussauren Kaliums in Kalilauge getaucht.

Theils um uns von der Brauchbarkeit der Methode zu überzeugen, dann um über die Dauer der Bestimmung einen Anhalt und über die Zusammensetzung der hiesigen Luft bestimmte Zahlen zu gewinnen, theils um uns in der Ausführung der Luftanalyse die nöthige Sicherheit zu verschaffen, wurden folgende Analysen ausgeführt:

I. Wie oben angegeben, wurden jedesmal Feuchtigkeit und Kohlensäure durch Kalikugeln aus der durch Quecksilber im Eudiometer abgesperrten Luft entfernt, dann mit Beobachtung aller von Bunsen vorgeschriebenen Vorsichtsmaßregeln das Volumen (v), die Temperatur (t), der Barometerstand (b), die Quecksilberhöhe (h) im Eudiometer über dem äußeren Niveau abgelesen, darauf das pyrogallussaure Kalium eingeführt, nach dessen Entfernung der Rest des Gases wieder getrocknet und schließlich die zweite Ablesung ausgeführt.

a) Ablesung vor der Sauerstoffabsorption:

$$v = 228{\cdot}2 \text{ Mm.}$$
$$t = 17{\cdot}7^{\circ} \text{ C.}$$
$$b = 757{\cdot}0 \text{ Mm.}$$
$$h = 205{\cdot}4 \text{ Mm.}$$

Es ist $Vo. = \frac{v\,(b-h)}{760\,(1+0{\cdot}00366 \cdot t)}$

also hier $Vo. = \frac{228{\cdot}2\,(757{\cdot}0-205{\cdot}4)}{760\,(1+0{\cdot}00366 \cdot 17{\cdot}7)} = 165{\cdot}6.$

b) Ablesung nach der Sauerstoffabsorption:

$$v = 132{\cdot}2 \text{ Mm.}$$
$$t = 17{\cdot}7^{\circ} \text{ C.}$$
$$b = 757{\cdot}0 \text{ Mm.}$$
$$h = 240{\cdot}4 \text{ Mm.}$$

$$Vo. = \frac{132{\cdot}2\,(757{\cdot}0-240{\cdot}4)}{760\,(1+0{\cdot}00366 \cdot 17{\cdot}7)} = 131{\cdot}2.$$

Mithin sind durch pyrogallussaures Kalium absorbirt:

$$165{\cdot}6$$
$$-\ 131{\cdot}2$$
$$= 34{\cdot}4.$$

$$165{\cdot}6 : 100 = 34{\cdot}4 : x$$
$$x = 20{\cdot}77.$$

Die Luft enthielt also 20·77 pCt. Sauerstoff
und 79·23 „ Stickstoff.

II. a) $v = 137{\cdot}8$ Cc.
$t = 21{\cdot}6^{\circ}$ C.
$b = 759{\cdot}8$ Mm.
$h = 100{\cdot}5$ Mm.

$Vo. = \frac{137{\cdot}8\,(759{\cdot}8-100{\cdot}5)}{760\,(1+0{\cdot}00366 \cdot 21{\cdot}6)}$

$= 110{\cdot}78$ Cc.

b) $v = 121{\cdot}4$ Cc.
$t = 22{\cdot}0^{\circ}$ C.
$b = 758{\cdot}4$ Mm.
$h = 166{\cdot}0$ Mm.

$Vo. = \frac{121{\cdot}4\,(758{\cdot}4-166{\cdot}0)}{760\,(1+0{\cdot}00366 \cdot 22{\cdot}0)}$

$= 87{\cdot}58$ Cc.

Demnach sind absorbirt 110·78 Cc.
$-\ 87{\cdot}58$ „
$= 23{\cdot}20$ Cc.

Entspricht 20·94 pCt. Sauerstoff,
79·06 „ Stickstoff.

III. a) $v = 127{\cdot}6$ Cc.
$t = 21{\cdot}6^{\circ}$ C.
$b = 756{\cdot}5$ Mm.
$h = 96{\cdot}8$ Mm.

$Vo. = \frac{127{\cdot}6\,(756{\cdot}5-96{\cdot}8)}{760\,(1+0{\cdot}00366 \cdot 21{\cdot}6)}$

$= 102{\cdot}53$ Cc.

b) $v = 112{\cdot}3$ Cc.
$t = 22{\cdot}4^{\circ}$ C.
$b = 755{\cdot}0$ Mm.
$h = 160{\cdot}6$ Mm.

$Vo. = \frac{112{\cdot}3\,(755{\cdot}0-160{\cdot}6)}{760\,(1+0{\cdot}00366 \cdot 22{\cdot}4)}$

$= 81{\cdot}18$ Cc.

Demnach sind absorbirt 102·53 Cc.
— 81·18 „
= 21·35 Cc.
Entspricht 20·82 pCt. Sauerstoff,
79·18 „ Stickstoff.

IV. a) v = 148·3 Cc.
t = 21·6° C.
b = 756·5 Mm.
h = 102·8 Mm.

$$Vo. = \frac{148{\cdot}3\,(756{\cdot}5 - 102{\cdot}8)}{760\,(1 + 0{\cdot}00366 \cdot 21{\cdot}6)}$$

= 118·21 Cc.

b) v = 130·9 Cc.
t = 22·4° C.
b = 755·0 Mm.
h = 167·7 Mm.

$$Vo. = \frac{130{\cdot}9\,(755{\cdot}0 - 167{\cdot}7)}{760\,(1 + 0{\cdot}00366 \cdot 22{\cdot}4)}$$

= 93·49 Cc.

Absorbirt sind also 118·21 Cc.
— 93·49 „
= 24·72 Cc.
Entspricht 20·91 pCt. Sauerstoff,
79·09 „ Stickstoff.

Uebersicht der Luftanalysen.

No.	Angewandte Luft Cc.	Durch pyrogallussaures Kalium absorbirt Cc.	Entspricht Prozenten Sauerstoff.	Entspricht Prozenten Stickstoff.
I.	165·60	34·40	20·77	79·23
II.	110·78	23·20	20·94	79·06
III.	102·53	21·35	20·82	79·18
IV.	118·21	24·72	20·91	79·09
			Mittel: 20·86 pCt. Sauerstoff.	79·14 pCt. Stickstoff.

Die größte Differenz bei obigen Analysen beträgt für 100 Cc. angewandter Luft 0·17 Cc.; 1 Cc. Sauerstoff wiegt nun 0·00125 Grm., also 0·17 Cc. 0·00034 Grm. Hieraus ist zu ersehen, zu wie scharfen Resultaten man nach der eingeschlagenen Methode gelangen muß, wie eng hier die Fehlergrenze ist; es ist dies ein unbestrittener Vortheil der gasometrischen Analyse.

Im Anschluß an eine gelegentlich gemachte Beobachtung, daß Moorsubstanz, welche mit Kalilauge befeuchtet war, einen Theil der Luft absorbirte, wurde zuerst folgender Versuch angestellt:

I. Versuch. In einem Eudiometerrohre wurde ein beliebiges Luftvolumen durch Quecksilber abgesperrt und mittelst Kalikugeln von Feuchtigkeit und Kohlensäure befreit. Nach zweistündigem Stehen wurde abgelesen (siehe unten Ablesung 1.). In diese reine Luft wurden nun 2 kleine Gazebeutelchen, die an Drähten

befestigt und mit Moorsubstanz gefüllt waren, eingeführt. Die angewandte Moorsubstanz (Wiesenmoor Ia.)[1]) war mit 30-procentiger Kalilauge in dem Grade befeuchtet, daß in der Substanz keine trockenen Partikelchen mehr zu erkennen waren.[2]) Nun blieb das Eudiometer im zerstreuten Tageslicht bei einer Temperatur von ca. 19° C. 8 Tage lang stehen. Darnach wurden die Moorbeutelchen herausgezogen, die zurückbleibende Luft durch eine Papiermachékugel, welche mit 20-procentiger Schwefelsäure getränkt war, von etwa gebildetem Ammoniak und durch Kalikugeln von Wasser und Kohlensäure befreit. Die Kugeln blieben jedesmal zwei Stunden oder noch länger in dem Rohre. Nach wiederum zwei Stunden wurde das Volumen abgelesen. (Ablesung 2.) Hierauf wurden zwei Papierkugeln, die mit frischer, alkalischer Lösung von pyrogallussaurem Kalium getränkt waren, in das Eudiometer eingeführt. Nach 12 Stunden wurden dieselben entfernt und die Luft in dem Eudiometer durch Kalikugeln getrocknet. Endlich nach zweistündigem Stehen wurde die letzte Ablesung (Ablesung 3) ausgeführt. Die Resultate der drei Ablesungen sind folgende:

Ablesung 1.	v = 130·7 Cc.	Ablesung 2. v = 112·5 Cc.
	t = 19·4° C.	t = 19·2° C.
	b = 751·1 Mm.	b = 749·3 Mm.
	h = 66·8 Mm.	h = 118·4 Mm.

Ablesung 3. v = 112·5 Cc.
t = 19·1° C.
b = 747·3 Mm.
h = 118·4 Mm.

Aus der ersten Ablesung ergiebt sich, wie viel Luft, d. h. wie viel Stickstoff und Sauerstoff überhaupt vor der Absorption vorhanden waren.

Die zweite Ablesung zeigt, wie viel Cubikcentimeter des Gasgemenges durch die Moorsubstanz absorbirt worden sind.

Aus der dritten Ablesung ist ersichtlich, wie viel Sauerstoff nach der Absorption durch die Moorsubstanz vorhanden war und von pyrogallussaurem Kalium absorbirt werden konnte. Zugleich ist zu sehen, ob der Rest des Luftgemenges, der jetzt nur noch Stickstoff sein kann, der ursprünglichen Menge entspricht.

Die Volumina wurden zum Vergleiche auf 0° C. und 760 Mm. Barom. reducirt.

$$1)\ \text{Vo.} = \frac{130{\cdot}7\ (751{\cdot}1 - 66{\cdot}8)}{760\ (1 + 0{\cdot}00366 \cdot 19{\cdot}4)} = 109{\cdot}88\ \text{Cc.}$$

Zu Anfang waren also 109·88 Cc. Luft vorhanden. Nehmen wir die mitt-

1) Die physikalische und chemische Beschaffenheit dieses Moorbodens ist weiter unten angegeben.

2) Die Befeuchtung mit 30-prozentiger Kalilauge wurde in dem Mengenverhältniß vorgenommen, daß auf 100 Grm. organische Substanz 190 — 260 Cc. 30-proz. Kalilauge kommen. Dieser Grad der Befeuchtung wurde auch bei den unten mitgetheilten Absorptionsversuchen mit verschiedenen Moorarten inne gehalten

lere Zusammensetzung der hiesigen Luft, wie oben ermittelt, zu 20·86 pCt. Sauerstoff und 79·14 pCt. Stickstoff an, so ergiebt sich, daß in dem Eudiometer bei der ersten Ablesung vor der Absorption enthalten waren:

22·92 Cc. Sauerstoff, und
86·96 Cc. Stickstoff.
(109·88 Cc.)

$$2)\ \text{Vo.} = \frac{112{\cdot}5\ (749{\cdot}3 - 118{\cdot}4)}{760\ (1 + 0{\cdot}00366 \cdot 19{\cdot}9)} = 87{\cdot}05\ \text{Cc.}$$

Demnach waren durch die Moorsubstanz absorbirt:

109·88 Cc.
− 87·05 „
= 22·83 Cc.

oder 20·78 pCt. des ursprünglichen Volumens.

$$3)\ \text{Vo.} = \frac{112{\cdot}5\ (747{\cdot}3 - 118{\cdot}4)}{760\ (1 + 0{\cdot}00366 \cdot 19{\cdot}1)} = 87{\cdot}01\ \text{Cc.}$$

Dieser Rest von 87·01 Cc. konnte nur Stickstoff sein.

Mithin war durch die Moorsubstanz sämmtlicher Sauerstoff absorbirt worden; denn es waren vorhanden 22·92 Cc. Sauerstoff, und die Moorsubstanz absorbirte 22·83 Cc. (Differenz 0·09 Cc. oder 0·08 pCt.). Für das pyrogallussaure Kalium war kein Sauerstoff mehr zum Absorbiren übrig geblieben. Ferner ist zu sehen, daß die Moorsubstanz keinen Stickstoff absorbirte; denn es waren zu Anfang im Eudiometer 86·96 Cc., nach der Absorption 87·01 Cc. (Differenz = 0·05 Cc. oder 0·04 pCt.)

Somit ist dargethan, daß Moorsubstanz, wenn sie mit Kalilauge befeuchtet wird, lebhaft **Sauerstoff** und **keine Spur von Stickstoff** absorbirt.

Dies Resultat, welches wenigstens für alkalisch gemachte Moorsubstanz volle Gültigkeit hat, beantwortet nicht nur die erste, zu Anfang gestellte Frage hinsichtlich des Verhaltens des Stickstoffs zu Moorsubstanz, sondern giebt zugleich Aufschluß über die zweite Frage:

II. Wie verhält sich das Moor gegenüber dem Sauerstoff der Atmosphäre?

Die Beobachtung bei dem ersten Versuche konnte die Hoffnung erwecken, daß Moorsubstanz nur mit Wasser befeuchtet, auch Sauerstoff absorbiren würde. Allerdings war vorauszusetzen, daß der Prozeß viel langsamer vor sich gehen würde; zugleich lag aber die Möglichkeit nahe, daß die Mitwirkung der Sonnenstrahlen denselben wiederum etwas beschleunigen könnte; unter allen Umständen mußte in nicht zu langer Zeit doch zu erkennen sein, ob nur Sauerstoff oder auch Stickstoff absorbirt würde.

II. Versuch. In einem Eudiometerrohre wurde wieder eine beliebige Menge Luft durch Quecksilber abgesperrt; nachdem dieselbe getrocknet und von Kohlensäure befreit war, wurde ihr Volumen bestimmt; die Ablesung ergab:

1) $v = 129{\cdot}0$ Cc.
$t = 18{\cdot}5^{0}$ C.
$b = 749{\cdot}4$ Mm.
$h = 69{\cdot}8$ Mm.

$$\text{also } Vo. = \frac{129{\cdot}0\,(749{\cdot}4 - 69{\cdot}8)}{760\,(1 + 0{\cdot}00366 \cdot 18{\cdot}5)} = 108{\cdot}4 \text{ Cc.}$$

Nun wurden 5 Gr. lufttrockene Moorsubstanz (wieder Wiesenmoor Ia.) mit Wasser sehr mäßig befeuchtet, in drei Gazebeutelchen vertheilt und diese durch daran befestigte Drähte in das Eudiometerrohr eingeführt. Man hat sehr darauf zu achten, daß beim Einführen der Beutelchen keine Luft mit eintritt. Um dies zu verhüten, wurde jedes Beutelchen vorher in einen kleinen mit Queckfilber gefüllten Cylinder getaucht, und aus diesem dann unter der Luftpumpe alle Luft entfernt, wobei alle größeren Höhlungen in dem Beutelchen sich mit Queckfilber füllen mußten. Darnach wurden die Cylinder sammt den noch darin befindlichen Beutelchen und dem Queckfilber in der Queckfilberwanne, in der das zu benutzende Eudiometer stand, unter der Queckfilberoberfläche umgestülpt. So war es möglich, die Beutelchen in das Eudiometer zu bringen, ohne daß sie vorher wieder mit der atmosphärischen Luft in Berührung kamen.

Das Eudiometer wurde dann 20 Tage lang (vom 13. Juni bis zum 3. Juli) in einem Fenster an der südlichen Seite des Laboratoriums dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, so daß es täglich etwa 4 Stunden beschienen werden konnte.

Nach 20 Tagen wurden die Moorbeutelchen herausgezogen, die Feuchtigkeit, die Kohlensäure und etwa vorhandenes Ammoniak aus dem Rohre entfernt. Die Ablesung ergab:

2) $v = 110{\cdot}2$ Cc.
$t = 20{\cdot}2^{0}$ C.
$b = 756{\cdot}8$ Mm.
$h = 118{\cdot}4$ Mm.

$$Vo. = \frac{110{\cdot}2\,(756{\cdot}8 - 118{\cdot}4)}{760\,(1 + 0{\cdot}00366 \cdot 20{\cdot}2)} = 86{\cdot}20 \text{ Cc.}$$

Folglich wurden durch die Moorsubstanz absorbirt:

$$\begin{array}{r} 108{\cdot}04 \text{ Cc.} \\ -\ 86{\cdot}20 \text{ Cc.} \\ \hline = 21{\cdot}84 \text{ Cc.} \end{array}$$

d. h. 20·21 pCt. der angewandten Luft.

Aus dem Rest des Gases absorbirte pyrogallussaures Kalium nur noch eine sehr geringe Menge; die dritte Ablesung ergab nämlich:

3) $v = 109{\cdot}9$ Cc.
$t = 21{\cdot}0^{0}$ C.
$b = 756{\cdot}8$ Mm.
$h = 119{\cdot}4$ Mm.

$$Vo. = \frac{109{\cdot}9\,(756{\cdot}8 - 119{\cdot}4)}{760\,(1 + 0{\cdot}00366 \cdot 21{\cdot}0)} = 85{\cdot}59 \text{ Cc.}$$

Also hatte das pyrogallussaure Kalium noch absorbirt:

86·20 Cc.
— 85·59 Cc.
= 0·61 Cc.

d. h. 0·57 pCt. der angewandten Luft.

Die Moorsubstanz und das pyrogallussaure Kalium zusammen absorbirten im Ganzen

108·04 Cc. — 85·59 „ = 22·45 Cc. oder 21·84 Cc. + 0·61 „ = 22·45 Cc.

d. h. 20·78 pCt. der angewandten Luft.

Der Rest von 85·59 Cc. oder 79·22 pCt. Gas im Eudiometer, von dem nichts mehr durch pyrogallussaures Kalium absorbirt wurde, das also nur Stickstoff sein konnte, entspricht fast genau der Menge des anfangs vorhanden gewesenen Stickstoffs. Also auch nur mit Wasser befeuchtete Moorsubstanz absorbirte in 20 Tagen im Sonnenlichte fast sämmtlichen Sauerstoff aus der dargebotenen Luft und keinen Stickstoff.

Die beiden folgenden Analysen bestätigen nur das Resultat der vorigen. Hier wurde eine Cunrauer Moorart angewandt (I. 2, obere Schicht), die von einem alten Culturdamme herstammte. Eingeführt wurden in jedes Eudiometer 4 Gramm Moorerde (im lufttrockenen Zustande gewogen), nachdem dieselbe mäßig befeuchtet war. Die Operationen waren im Uebrigen ganz wie bei Versuch II.; das eine Rohr (III.) stand 12 Tage, das andere (IV.) wieder 20 Tage in der Sonne und zwar in der Zeit vom 23. Juni bis zum 6. und 13. Juli.

III. Versuch. Die drei Ablesungen ergaben:

1) $v = 133{\cdot}5$ Cc., $t = 21{\cdot}0^{\circ}$ C., $b = 749{\cdot}9$ Mm., $h = 159{\cdot}3$ Mm.

$$Vo. = \frac{133{\cdot}5\,(749{\cdot}9 - 159{\cdot}3)}{760\,(1 + 0{\cdot}00366 \cdot 21{\cdot}0)} = 96{\cdot}34 \text{ Cc. Luft waren anfangs vorhanden.}$$

2) $v = 117{\cdot}4$ Cc., $t = 22{\cdot}3^{\circ}$ C., $b = 755{\cdot}4$ Mm., $h = 218{\cdot}6$ Mm.

$$Vo. = \frac{117{\cdot}4\,(755{\cdot}4 - 218{\cdot}6)}{760\,(1 + 0{\cdot}00366 \cdot 22{\cdot}3)} = 76{\cdot}59 \text{ Cc. der Luft wurden nicht durch die Moorsubstanz absorbirt.}$$

3) $v = 117{\cdot}5$ Cc., $t = 23{\cdot}6^{\circ}$ C., $b = 754{\cdot}8$ Mm., $h = 218{\cdot}0$ Mm.

$$Vo. = \frac{117{\cdot}5\,(754{\cdot}8 - 218)}{760\,(1 + 0{\cdot}00366 \cdot 23{\cdot}6)} = 76{\cdot}39 \text{ Cc. der Luft}$$

wurden weder durch die Moorsubstanz noch durch pyrogallussaures Kalium absorbirt.

Die Moorsubstanz absorbirte hiernach allein:

96·34 Cc.
− 76·59 „
= 19·75 Cc., d. h. 20·50 pCt.

Moorsubstanz + pyrogallussaures Kalium absorbirten:

96·34 Cc.
− 76·39 „
= 19·95 Cc., d. h. 20·73 pCt.

Pyrogallussaures Kalium allein absorbirte:

76·59 Cc.
− 76·39 „
= 0·20 Cc., d. h. 0·23 pCt.

Unabsorbirt blieben 76·39 Cc. Stickstoff = 79·29 pCt. des ursprünglichen Luftvolumens.

IV. Versuch. Die Resultate der drei Ablesungen sind folgende:

1) v = 124·0 Cc.
t = 22·1° C.
b = 756·4 Mm.
h = 114·5 Mm.

$$Vo. = \frac{124·0\ (756·4 - 114·5)}{760\ (1 + 0·00366 \cdot 22·1)}$$

= 96·89 Cc. Luft waren anfangs vorhanden.

2) v = 107·9 Cc.
t = 20·7° C.
b = 761·4 Mm.
h = 179·0 Mm.

$$Vo. = \frac{107·9\ (761·4 - 179·0)}{760\ (1 + 0·00366 \cdot 20·7)}$$

= 76·86 Cc. der Luft wurden nicht durch die Moorsubstanz absorbirt.

3) v = 108·0 Cc.
t = 20·8° C.
b = 760·7 Mm.
h = 178·7 Mm.

$$Vo. = \frac{108·0\ (760·7 - 178·7)}{760\ (1 + 0·00366 \cdot 20·8)} = 76·85$$ Cc. der Luft wurden weder durch Moorsubstanz noch durch pyrogallussaures Kalium absorbirt.

Demnach absorbirte die Moorsubstanz in 20 Tagen:

96·89 Cc.
− 76·86 „
= 20·03 Cc.,

d. h. 20·67 pCt. der angewandten Luft.

Moorsubstanz + pyrogallussaures Kalium absorbirten:

96·89 Cc.
− 76·85 „
= 20·04 Cc.,

d. h. 20·68 pCt. der angewandten Luft.

In diesem Falle war also sämmtlicher Sauerstoff bereits durch die Moorsubstanz absorbirt worden.

Nicht absorbirt wurden 76·85 Cc. Stickstoff = 79·32 pCt. des ursprünglichen Volumens.

Es war also wiederum Sauerstoff sehr begierig, aber keine Spur von Stickstoff absorbirt, eine Entstehung von Ammoniak durch die Einwirkung von atmosphärischem Stickstoff auf die Moorsubstanz ist also vollkommen ausgeschlossen.

Obwohl diese Versuche bereits vollständig zum Beweise der Thatsache genügen, daß feuchte Moorsubstanz im Sonnenlicht nur Sauerstoff und keinen Stickstoff absorbirt, so schien es doch noch interessant, einen letzten Versuch mit reinem Stickstoff zu machen.

Der Stickstoff wurde gleich im Eudiometer abgeschieden, und zwar in der Weise, daß nach und nach die anderen Gemengtheile der Luft entfernt wurden. Der Sauerstoff wurde durch alkalisches pyrogallussaures Kalium, etwa vorhandenes Ammoniak durch 20-procentige Schwefelsäure, Wasser und Kohlensäure durch Kalikugeln absorbirt. Die Ablesung des Stickstoffvolumens ergab:

1) $v = 113{\cdot}3$ Cc.
$t = 19{\cdot}5^{\circ}$ C.
$b = 752{\cdot}4$ Mm.
$h = 108{\cdot}9$ Mm.

$$Vo. = \frac{113{\cdot}3\ (752{\cdot}4 - 108{\cdot}9)}{760\ (1 + 0{\cdot}00366 \cdot 19{\cdot}5)}$$

$= 89{\cdot}54$ Cc. Stickstoff waren anfangs vorhanden.

Jetzt wurden wie gewöhnlich 4 Gramm Moorsubstanz (Cunrauer I_2) nach mäßiger Befeuchtung eingeführt, und das Eudiometer 12 Tage lang dem Sonnenlichte ausgesetzt.

Nachdem dann die Moorbeutelchen wieder herausgezogen und das Gas wie gewöhnlich zur Ablesung vorbereitet war, ergab sich folgendes Volumen:

2) $v = 114{\cdot}2$ Cc.
$t = 23{\cdot}7^{\circ}$ C.
$b = 754{\cdot}8$ Mm.
$h = 107{\cdot}0$ Mm.

$$Vo. = \frac{114{\cdot}2\ (754{\cdot}8 - 107{\cdot}0)}{760\ (1 + 0{\cdot}00366 \cdot 23{\cdot}7)} = 89{\cdot}57 \text{ Cc.}$$

Von dem zu Anfang vorhandenen Stickstoff ist also nichts absorbirt worden. (S. Tabelle S. 361.)

Aus sämmtlichen Analysen läßt sich der Schluß ziehen: Die Humussubstanz absorbirte aus der atmosphärischen Luft begierig Sauerstoff, verhielt sich aber gegen den Stickstoff indifferent, und führte denselben nicht in gebundene Form über.

Die directe Einwirkung des Sonnenlichtes scheint dem Prozesse, wenn nicht gerade absolut nothwendig, so doch ungemein förderlich zu sein.

Bei der Befeuchtung von Moorsubstanz mit Kalilauge entwickelt sich sehr viel Ammoniak auf Kosten der Moorsubstanz; diese Beobachtung wurde äußerst

Uebersicht der Resultate der Analysen.

Angewandte Substanz.	Dauer des Versuchs. Tage.	Durch die Moorsubstanz wurden absorbirt. pCt.	Pyrogallusl. Kalium absorbirte danach noch pCt.	Insgesammt wurden absorbirt pCt.	Stickstoffmenge am Ende des Versuchs auf das Anfangs-Volumen ber. pCt.	Zunahme an Stickstoff bei der Annahme, daß die Luft im Mittel hier 79·14 pCt. N enth. pCt.
I. Atmosph. Luft + 5 Grm. Wiesenmoor mit Kalilauge befeuchtet . . .	8	20·78	0·03	20·81	79·19	0·05
II. Luft + 5 Grm. Wiesenmoor und Wasser . .	20	20·21	0·57	20·78	79·22	0·08
III. Luft + 4 Grm. Cunrauer Moor u. Wasser	12	20·50	0·23	20·73	79·27	0·13
IV. Luft + 4 Grm. Cunrauer Moor u. Wasser	20	20·67	0·01	20·68	79·32	0·18
V. Stickstoff + 4 Grm. Cunrauer Moor und Wasser	12	—	—	—	100·00	0·03

deutlich gemacht bei den unten beschriebenen Absorptionsversuchen mit verschiedenen Moorarten; denn beim Einblasen von frischer Luft in die Glocke, wo die Absorption des Sauerstoffs durch die alkalisch gemachte Moorsubstanz stattfand, entwichen starke Mengen Ammoniak, welche sofort durch Bläuung von rothem Lakmuspapier zu erkennen waren, obwohl schon die Hauptmenge des Ammoniaks durch, mit Schwefelsäure getränkte, Bimssteinstücke, die sich in einer, in der Absorptionsglocke aufgestellten, Porzellanschaale befanden, absorbirt sein mußte. Ebenso — wenn auch in geringerer Menge — wird sich Ammoniak bilden, wenn man Moorsubstanz, statt mit Kalilauge, nur mit Wasser befeuchtet. Diese Thatsache kann man leicht beweisen, wenn man Moorsubstanz mit wenig Wasser befeuchtet und in einer luftdicht verschlossenen Flasche längere Zeit aufbewahrt; es bildet sich dann, wenn Schwefelverbindungen oder auch nur schwefelsaure Salze vorhanden sind, bei Abschluß der Luft neben Schwefelwasserstoff auch Ammoniak, was natürlich nur auf Kosten der Moorsubstanz geschehen kann, da die Luft keinen Zutritt hat.[1])

Schließlich möge eine Beobachtung bei den oben angeführten Analysen wenigstens noch erwähnt werden: Aus der letzten Rubrik der Tabelle ist ersichtlich, daß am Ende des Versuchs immer eine geringe Zunahme des Stickstoffs zu bemerken war. Die Zahlen sind allerdings so klein, daß sie möglicherweise auf Ablesungsfehler zurückzuführen sind; da indessen in keinem Falle eine Abnahme sondern stets eine Zunahme beobachtet wurde, so schien es nicht erlaubt zu sein, diese Beobachtung mit Stillschweigen zu übergehen.

Der Schluß unserer Untersuchungen, daß die Humussubstanz nur Sauerstoff

1) Ich möchte hier übrigens auf die nächste Mittheilung verweisen: Ueber Reductionsvorgänge in der Moorsubstanz.

und keinen Stickstoff aus der Luft absorbire, steht nun in geradem Gegensatz zu der anfangs angeführten Ansicht von E. Simon, nach welcher eben Stickstoff absorbirt werden soll. Es möge daher gestattet sein, einige Bemerkungen über die Simon'schen Versuche folgen zu lassen.

1) Der Kolben Nr. 1 (siehe Versuchs-Station 1875. S. 457) mag ammoniakfreie Humussäure enthalten; ist diese Humussäure aber auch frei von Stickstoff? Simon sagt selbst in der Bemerkung auf S. 458 unten, seine Humussäure habe stets etwas Stickstoff enthalten, wie die Verbrennung mit Natronkalk gezeigt habe. Selbst die letzte, auf S. 459 beschriebene Darstellungsweise, dürfte schwerlich stickstofffreie Humussäure liefern. Demnach ist der Schluß (S. 457 unten) doch zu wenig begründet; denn das Ammoniak kann sich aus dem Stickstoff der Humussubstanz gebildet haben; und schon eine ganz geringe Menge Ammoniak genügt, um so viel humussaures Ammonium zu bilden, daß die Flüssigkeit wohl dadurch braun gefärbt werden kann. Ferner ist nicht gesagt, ob der Stickstoff in dem Ballon vollkommen frei von Sauerstoff gewesen ist.

2) Daß in der zugeschmolzenen Röhre keine Färbung des Wassers durch humussaures Ammonium eintrat, ist sehr natürlich; es war eben kein Sauerstoff vorhanden, welcher eine Zersetzung der Humussubstanz hätte einleiten können.

3) In dem Kolben Nr. 3 (S. 458) war dagegen dem Sauerstoff der Zutritt möglich, derselbe konnte zersetzend auf die Stickstoffverbindungen der Humussubstanz einwirken und eine Ammoniakbildung einleiten, welche dann weiter das Entstehen von humussaurem Ammonium und dadurch die Braunfärbung des Wassers möglich machte.

Die weiteren von Simon in dieser Richtung mitgetheilten Beobachtungen dürften entweder auf dieselbe Verunreinigung seiner Humussäure durch stickstoffhaltige Verbindungen — die freilich keine Ammoniakreaction erkennen lassen — oder vor Allem durch die Eigenschaft der Humussäure, leicht atmosphärisches Ammoniak anzuziehen, zu erklären sein. Uns schien es sicherer, die directe Methode zu wählen und zu untersuchen, ob eine Absorption von atmosphärischem Stickstoff durch die Moorsubstanz stattfindet.

Nach Simon soll die Stickstoffaufnahme eine Kohlensäurebildung zur Folge haben. Der Stickstoff besitzt bekanntlich eine äußerst geringe chemische Actionsfähigkeit, und nur wenn er zugleich mit Wasserstoff bei Zersetzungen frei wird, im status nascendi, verbindet er sich mit demselben. Der atmosphärische Stickstoff würde also, selbst wenn er den Wasserstoff der Humussubstanz oder des Wassers bereits frei vorfände, nicht fähig sein, sich mit demselben zu verbinden. Nun soll er aber gar noch das Wasser in seine Bestandtheile zersetzen helfen; dies schon beweist die Unhaltbarkeit der Simon'schen Hypothese der Ammoniak- und Kohlensäurebildung (S. 458 unten). Die Kohlensäurebildung aus der Humussubstanz ist viel leichter dadurch zu erklären, daß der absorbirte Sauerstoff eine continuirlich fortschreitende Oxydation der Humussubstanz bis zur Kohlensäure als Endprodukt dieser Oxydation einleitet.

Die Sauerstoffaufnahme durch die Moorsubstanz, und die dadurch bewirkte fortwährende Veränderung der Humuskörper ist unstreitig eine sehr wichtige Thatsache auf dem Gebiete der Moorcultur. Daß eine gute Durchlüftung des Bodens, welche den Zutritt des Sauerstoffs erleichtert, praktisch nutzbringend ist, ist bekannt. Ob nun die verschiedenen Moorbodenarten eine verschiedene Capacität hinsichtlich der Sauerstoffaufnahme zeigen, dürfte wohl der Untersuchung werth sein.

Die folgenden Versuche betreffen einen Theil dieser Aufgabe; sie hatten zunächst den Zweck, zu erforschen, ob die verschiedene Fähigkeit der Moorarten, Sauerstoff zu absorbiren, im Einklang steht mit den sonstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften derselben, und ob Moore in verschiedenem Culturzustande in der Sauerstoffabsorption bedeutende Unterschiede zeigen.

Daß die Humussubstanz einen Theil der atmosphärischen Luft — wie wir jetzt wissen, den Sauerstoff — im feuchten und besonders in alkalischem Zustande absorbirt, ist aus dem ersten Theil dieser Arbeit zu ersehen. Zuerst wurde diese Beobachtung gemacht, als mit dem Knop'schen Azotometer in humosen Bodenarten der Ammoniakgehalt ermittelt werden sollte; es zeigte sich nämlich, daß die alkalische Bromlauge keine Vermehrung des Volumens, sondern vielmehr eine Abnahme desselben bewirkte [1]).

Hier veranlaßte die überschüssige Natronlauge die Sauerstoffaufnahme. Zuerst wurde nun statt der Lauge nur Wasser angewandt; es fand aber nur eine fast unmerkliche Absorption statt, was indessen nicht Wunder nehmen darf, da die Zeit der Einwirkung, nämlich ein bis zwei Tage zu kurz, der Zutritt der Luft immerhin etwas erschwert und die Mitwirkung der Sonnenstrahlen ganz ausgeschlossen war. Wir kehrten deswegen zur Anwendung von alkalischen Flüssigkeiten zurück: 10-procentige Kalilauge bewirkte in kurzer Zeit auch noch keine starke Absorption, ebensowenig Kalkmilch; deswegen wurde, um möglichst hohe Vergleichszahlen zu bekommen, 30-procentige Kalilauge benutzt. Hierbei war die Einwirkung eine sehr energische.

Die Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt: In einer flachen Glasschale wurden immer 20 Grm. lufttrockene Moorsubstanz mit soviel Kalilauge von der angegebenen Concentration angerührt als nöthig war, um die Masse durchweg gerade feucht zu machen. Aus mehreren vorläufigen Versuchen ergab sich, daß auf 100 Grm. trockene organische Substanz 190—260 Cc. Kalilauge genommen werden konnten, um die größte Absorption zu erzielen; dies beträgt z. B. für 20 Grm. einer Moorart mit ca. 66 pCt. trockener organischer Substanz in der lufttrockenen Substanz (Wiesenmoor Ia entspricht diesem Gehalt) 25—35 Cc. Kalilauge. Innerhalb dieser Grenzen schwankte das Resultat nur unwesentlich. — Die Glasschale wurde in eine tubulirte Glocke gestellt, die mit einem graduirten Rohr in Verbindung stand, an welchem die Menge des absorbirten Sauerstoffs abgelesen werden konnte. In die Glocke wurde außer-

1) Fresenius' Zeitschrift. XV. Jahrgang. 3. Heft: Ueber die Anwendbarkeit des Azotometers u. s. w.

dem eine Schale mit Bimsteinstückchen gebracht, die mit 20-procentiger Schwefelsäure getränkt waren, um das sich bildende Ammoniak zu binden. Die Luft in der Glocke konnte von Zeit zu Zeit mittelst eines Blasebalgs erneuert werden, indem durch den unteren Tubulus, mit Feuchtigkeit gesättigte, frische Luft eingeblasen wurde. Als Ablesungsrohr diente eine genaue Geißler'sche Bürette, die in ähnlicher Weise in den Apparat eingefügt war, wie das Ablesungsrohr in das Knop-Wagner'sche Azotometer. Die Communication zwischen der Glocke und dem Ablesungsrohr war nach Bedürfniß durch einen gut schließenden Glashahn zu unterbrechen. Um beim Einstellen des Versuches und beim Ablesen der Absorption dieselbe Temperatur in der Glocke zu haben, wurde diese in ein Kühlgefäß gestellt, das leicht mit Wasser von bestimmter Temperatur gefüllt werden konnte. Auch das graduirte Rohr befand sich in einem Gefäß mit Wasser. Den Verschluß des oberen Tubulus der Glocke bildete ein doppelt durchbohrter Pfropf; durch die eine Durchbohrung ging das Communicationsrohr nach der Bürette, durch die andere ein Thermometer. Ein anderes Thermometer befand sich in dem Wasser, welches das Ablesungsrohr umgab. Ein drittes Thermometer gab die Zimmertemperatur an; dieselbe war indessen in dem benutzten Raume ziemlich constant. Das Nähere über den angewandten Apparat ist aus der Zeichnung ersichtlich. Bei den Versuchen wurden zwei in ihrer Construction übereinstimmende Apparate benutzt.

Erklärung der Zeichnung: A Glasschale zur Aufnahme des mit Kalilauge befeuchteten Moores.

B Schale gefüllt mit Bimsteinstückchen, die mit Schwefelsäure getränkt sind, zur Absorption des gebildeten Ammoniaks.

C Bunsen'sche Glasglocke, oben mit dem Tubulus a, unten mit dem Tubulus b versehen und luftdicht durch die angeschliffene Platte c verschlossen.

D Thermometer. — E Glashahn — F Bürette. — G Thermometer. — H Blasebalg. — I Kolben mit feuchtem Bimstein gefüllt. — K Rohr mit Bimstein. — L Quetschhahn. — M Glashahn.

N Gefäß, zum Theil mit Wasser gefüllt, um mittelst des Gummiballs d den Wasserstand in der Bürette F und dem damit communicirenden Rohr Q einzustellen. — O Wasserflasche. — P Topf, beide Gefäße dienen zur Regulirung der Temperatur. — e Wasserzuleitungsrohr aus N. R Loth. — f Gewichtchen, um das Thermometer G senkrecht zu halten.

Zu den Versuchen wurden angewandt:

I) Mehrere Moorproben (Wiesenmoore), die beim Stehen mit wenig Wasser in luftdicht verschlossenen Flaschen bedeutende Mengen von Schwefelwasserstoff und Ammoniak entwickelten.

II) Ein Gemisch von reinem Sand und Moorsubstanz (ebenfalls Wiesenmoor). Das Gemisch war so dargestellt, daß die Menge der organischen Substanz ungefähr der in einem, unter I vorkommenden, natürlichen Moorsande entsprach.

III) Ein Torf (von Taraskowo in Polen), der freie Säure und eine bedeutende Menge von Eisenoxydul enthielt und aus diesem Grunde als zunächst zur Cultur völlig unbrauchbar zu bezeichnen war.

IV) Mehrere Cunrauer Moorproben von einem noch vollständig rohen Moor.

V) Eine Probe von einem Cunrauer Culturmoore und einem Culturfande.

Beim Beginne des Versuchs wurde möglichst schnell verfahren, weil sonst schon bedeutendere Mengen Sauerstoff aus der freien Luft aufgenommen werden konnten; das Niveau des Wassers in der Bürette wurde auf 0 eingestellt, alle Hähne sorgfältig geschlossen und die Temperatur und der Barometerstand abgelesen. Im Uebrigen wurden die Absorptionsapparate vor ihrer Anwendung auf ihre Dichtigkeit sorgfältigst geprüft. — Bald nach Einstellung eines Versuchs war an dem Steigen des Wassers in der Bürette zu erkennen, daß die Absorption begann; es wurde dann von Zeit zu Zeit aus der Flasche N mittelst des Gummiballs d Wasser durch das Rohr e in die Bürette und in das damit communicirende Rohr Q nachgedrückt. War das Wasser in der Bürette bis 100 gestiegen oder sollte der Proceß unterbrochen werden, so wurde, nachdem eingestellt und abgelesen war, der Hahn E geschlossen, und in der Bürette konnte nun, wenn der Gummischlauch über E gelüftet war, das Niveau wieder auf 0 eingestellt werden. Das Einblasen frischer Luft in die Glocke C geschah mit Hülfe des Blasebalgs H durch die Gefäße I und K, von denen I die Luft anfeuchten, K dagegen ein Ueberspritzen von Wasser durch L und a in die Glocke C verhindern sollte. Beiläufig möge hier bemerkt werden, daß beim Einblasen frischer Luft die alte, durch den oberen Hahn E verdrängte stets nach Ammoniak und ammoniakähnlichen Verbindungen roch und Lakmuspapier sofort stark blau färbte. — Gegen Ende des Versuchs, sowie vor jeder Ablesung, wurde in dem Topf P und damit in der Glocke C die Temperatur wieder so eingestellt, wie sie zu Anfang des Versuchs gewesen war.

Dies dürfte zur Beschreibung der Manipulationen genügen. Was die Resultate anbelangt, so sei auf die folgenden Tabellen verwiesen.

Die Tabelle I. enthält die angewandten Moorproben mit kurzer Angabe einiger physikalischer Eigenschaften, der chemischen Zusammensetzung und einigen Bemerkungen über den Culturstand und die Culturfähigkeit überhaupt.

Die Tabelle II. zeigt die Anzahl von Cubikcentimetern Sauerstoff, die von 20 Grm. lufttrockener Moorsubstanz in 24 und 48 Stunden absorbirt wurden, und zwar Rubrik I die einzeln abgelesenen Volumina, addirt ohne Rücksicht auf die Aenderung des Barometerstandes während des Versuches; Rubrik II die betreffenden Volumina, reducirt auf den Barometerstand zu Anfang des Versuches; Rubrik III die Volumina, reducirt auf 0 ° C. und 760 Mm. Barom. Endlich Rubrik IV zeigt die Vergleichszahlen, welche berechnet sind für 100 Grm. trockene organische Substanz in den einzelnen Moorarten. Im Uebrigen ist die Tabelle leicht verständlich. Von den Temperaturen wurde schließlich nur die in der Absorptionsglocke berücksichtigt, weil das Volumen in dem Ablesungsrohr (nämlich höchstens 100 Cc.) verhältnißmäßig klein war gegen das Volumen der Glocke (ca. 3000 Cc.); ferner machte die ziemlich constante Zimmertemperatur und außerdem die Kühlflasche größere Temperaturschwankungen in der Bürette unmöglich.

Tabelle

Bezeichnung der Moorarten.	Physikalische Eigenschaften (sowie Notizen über die Herstammung der Probe).	Chemische In der Trockensubstanz enthalten pCt.: S.	N.	N als H^3N	HNO^3	Organ. Subst.	Mineral-Stoffe.
Wiesenmoor Ia.	Moorprobe, entnommen aus 2¼ Fuß Tiefe in der Nähe eines Teiches. Dieselbe enthielt viele neuere Wurzelreste und bot deswegen im trockenen Zustande eine sehr lockere Masse dar .	—	—	—	—	78·14	21·86
Wiesenmoor IIa.	Probe aus 1½ Fuß Tiefe entnommen. Plastische Masse von dunkler Farbe. Wurzelreste waren zwar auch vorhanden, aber nicht in der Menge wie bei Ia.	—	—	—	—	85·06	14·94
Wiesenmoor IIb.	Probe bis 4 Fuß Tiefe entnommen, dunkle, schwarze, stark verwitterte Masse; enthielt nur wenig Wurzelreste, dagegen große Mengen von Süßwassermuscheln und Schneckengehäusen. Wasserstand 3 Fuß unter der Oberfläche . . .	—	—	—	—	71·12	28·88
Wiesenmoor: Wiese, untere Schicht.	Probe von einer sauren Wiese, bei der das Grundwasser nur 20 Zoll unter der Oberfläche stand	—	—	—	—	77·28	22·72
Wiesenmoor III.	Die Probe ist ein humoser Sand; die Menge des Humus nahm nach der Tiefe zu ab; der Untergrund war fast reiner Sand	—	—	—	—	13·23	86·77
Gemisch von Wiesenmoor Ia. und reinem Sand.	Dies Gemisch war in physikalischer Beziehung der Probe Wiesenmoor III. sehr ähnlich	—	—	—	—	12·52	87·48
Torf von Taraskowo.	Im trockenen Zustande eine dichte pulverige Masse, die nur wenig Sand enthielt. Der vorhandene Sand war äußerst fein	—	2·73	—	—	75·46	24·54
Cunrauer V_1.	Diese, sowie die beiden folgenden Proben V_1 und V_2 stammen von ganz rohem Moor. Der Grundwasserstand noch in dem Moor. Auf der Oberfläche äußerst kümmerliche Vegetation. Probe V_1 hat eine hellbraune Farbe, enthält wenig Wurzelfasern, die von Moos, Haidekraut und sauren Gräsern herrühren .	0·21	3·12	0·042 N = 0·051 H^3N	0	83·22	16·78
Cunrauer V_2.	Diese Probe ist der Schicht unter V_1 entnommen, besteht zum großen Theile aus verwittertem, stark dunkelgefärbtem Holze, welches von Coniferen herzustammen scheint. Farbe fast schwarz.	0·06	2·11	0·022 N = 0·027 H^3N	0	86·45	13·55
Cunrauer V_3.	Diese Probe entstammt der Schicht unter V_2; enthält noch viel verwittertes Holz, daneben noch Wurzelreste von Moorpflanzen. Farbe ebenfalls fast schwarz.	0·41	2·71	0·026 N = 0·032 H^3N	0	85·41	14·59
Cunrauer I_1.	Die Proben I_1 und I_2 sind von einem 12 Jahre alten Damme. I_1 ist Cultursand über dem Moor; enthielt zahlreiche Wurzelfasern neueren Ursprungs (der betreffende Damm war mit Gras bestanden), die vor der Analyse ausgesucht wurden. Der Sand war von Humussubstanzen stark dunkel gefärbt .	—	0·36	0·004 N = 0·005 H^3N	0·002	8·90	91·10
Cunrauer I_2.	I_2 ist die obere Schicht des Moores; eine dunkle, stark verwitterte Masse, in der sich nur kleinere Holzstückchen erkennen ließen. Zahlreiche Wurzelfasern rührten von dem Grase auf dem Damme her.	—	—	0·019 N = 0·023 H^3N	0·004	70·58	29·42

Nr. I.

Zusammensetzung. In der trockenen Asche enthalten pCt.: Sand.	SiO_2	SO_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	CO_2	Bemerkungen über den Culturzustand und die Culturfähigkeit.
50·78	11·34	5·29	0·66	—	18·11	0·56	0.52	7·39	5·81	Diese Moorerde ist zwar nicht reich an mineralischen Nährstoffen, sonst aber zur Cultur recht geeignet.
27·01	5·55	16·45	0·32	1·12	30·93	0·03	0·64	6·05	10·48	Reich an Nährstoffen, namentlich an dem für die Moorcultur nothwendigen Kalk; deswegen sehr geeignet zur Cultur.
30·70	4·31	7·00	0·26	0·61	34·04	0·69	1·17	4·87	16·33	Der hohe Kalkgehalt macht auch diesen Moorboden sehr culturfähig.
27·38	4·10	8·42	0·27	0·33	34·49	0 89	0·44	10·00	14·01	Schädliche Bestandtheile sind nicht vorhanden; bei genügender Entwässerung ist das Moor sehr gut zu cultiviren.
97·99		0·50	Spuren		0·78	Spuren		0·43	0·17	Dieser Boden ist für sich allein wegen der zu großen Sandmengen zur Cultur nicht geeignet; da indessen keine schädlichen Bestandtheile vorhanden sind, so ist er als Culturland wohl zu empfehlen.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Hinsichtlich der Culturfähigkeit eines Bodens von nebenstehender Zusammensetzung dürfte das von dem Sande, Wiesenmoor III Gesagte gelten.
Auf kohlensäurefreie Asche berechnet.										
7·02	1·17	34·77	3·50		25·32	1·16	0·97	25·81		Der Boden enthielt freie Schwefelsäure und bedeutende Mengen von schwefelsaurem Eisenoxydul; diese Eigenschaften machen ihn culturunfähig.
15·26		4·84	0·94		38·67	0·71	1·41	16·85	22·03	Nach den sonstigen Erfahrungen der Cunrauer Moorculturen sind diese Moorarten, wenn sie auch gegenwärtig nur eine kümmerliche Vegetation tragen, doch cultivirbar.
3·91		5·17	1·63		43·84	0·63	0·84	12·90	30·41	
21·84		6·19	1·68		35·00	0·72	0·69	13·93	18·85	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Diese Proben entstammen einem wohlcultivirten Damme.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

II.

Absorptions-Tabelle.

Angewandt wurden jedesmal 20 Gr. lufttrockene Moorsubstanz; die Quantität der 30-procentigen Kalilauge wurde so berechnet, daß auf 100 Gr. trockene, organische Substanz 190—260 Cc. Kalilauge kamen. Die Temperatur war zu Anfang und zu Ende des Versuches dieselbe, gewöhnlich zwischen 17 und 19 ° C.

Bezeichnung des angewandten Moores.	Barometerstand.	Thermometer.	I. Volumina O, addirt ohne Rücksicht auf die Aenderung des Barometerstandes.		II. Volumina O, reducirt auf den Barometerstand zu Anfang des Versuchs.		III. Volumina O, reducirt auf 0 ° C. und 760 mm. Barometerstand.		IV. Volumina O, berechnet auf 100 Gr. trockene organische Substanz.		In der lufttrockenen Substanz ist enthalten an Trocken-Substanz.	In der Trocken-Substanz ist enthalten an organ. Substanz.
	mm.	°C.	24 St.	48 St.	24 St.	48 St.	24 St.	48 St.	24 St.	48 St.	pCt.	pCt.
			Cc.	Cc.	Cc.	Cc.	Cc.	Cc.	Cc.	Cc.		
Wiesenmoor Ia. (größte Menge KOH.) . .	754·0	17·7	218·5	301·5	217·4	300·0	202·6	279·6	1524	2103	85·09	78·14
Dasselbe (kleinste Menge KOH.)	754·0	17·3	228·3	307·3	227·2	305·7	212·0	285·2	1596	2148	85·09	78·14
Wiesenmoor IIa. . .	748·5	17·4	320·3	455·7	319·9	454·5	296·0	420·5	2091	2971	83·20	85·06
Dasselbe	754·5	18·1	—	446·7	—	446·7	—	416·2	—	2940	83·20	85·06
Wiesenmoor IIb. . .	748·0	17·4	170·8	238·8	170·6	238·3	157·9	220·5	1303	1819	85·22	71·12
Dasselbe	747·5	19·1	157·0	248·9	158·2	250·0	145·3	229·7	1199	1895	85·22	71·12
Wiesenmoor. Wiese, untere Schicht . .	743·0	17·7	211·5	323·2	211·7	324·8	194·4	298·2	1482	2274	84·86	77·28
Wiesenmoor III. (Moorsand)	743·0	17·3	60·0	118·8	60·2	120·2	55·4	110·5	2144	4276	97·67	13·23
Dasselbe	754·5	17·8	50·6	94·3	50·6	94·3	59·5	88·0	2302	3405	97·67	13·23
Gemisch von Wiesenmoor Ia. u. trockenem Sand	753·0	18·4	64·2	76·8	62·6	77·2	58·1	76·5	2321	3056	—	12·52
Dasselbe	747·5	18·1	61·6	88·4	61·8	88·8	57·0	81·9	2277	3272	—	12·52
Torf von Taraskowo .	757·0	17·8	182·9	—	182·9	—	171·0	—	14·54	—	77 91	75·46
Cunrauer Moor V_1 .	750·0	18·7	278·2	333·0	279 4	334·8	258·1	309·2	1838	2202	84·36	83·22
Cunrauer Moor V_2 .	750·0	18·7	346·6	430·7	347·9	432·8	321·3	399·7	2182	2715	85·16	86·45
Cunrauer Moor V_3 .	760·0	18·8	350·2	454·2	350·2	453·8	327·7	424 6	2214	2869	86·65	85·41
Cunrauer Moor I_2 .	755·0	18·6	186·2	237·8	185·3	236·7	173·6	220·2	1383	1734	90·00	70·58
Dasselbe	760·0	18·0	193·0	245·0	193·0	244·8	181·1	229·7	1426	1808	90·00	70·58
Cunrauer Moorsand I_1	753·0	18·6	52·2	72·7	52·2	72·9	48·4	67·6	2786	3909	97·15	8·9

Aus der Anzahl der in Rubrik IV angegebenen Cubikcentimeter Sauerstoff geht hervor, daß im Mittel von 100 Grm. organischer Substanz in 24 Stunden absorbirt wurden: 1854 Cc. und in 48 Stunden 2670 Cc. Sauerstoff. Der Mitte am nächsten steht in der Reihe für 24 Stunden die Zahl für Cunrau V_1: 1838 Cc.; unter der Mitte stehen Wiesenmoor Ia, IIb, Wiese untere Schicht, Torf von Taraskowo und Cunrau I_2; über der Mitte finden wir: Wiesenmoor IIa, III, das Sandgemisch, Cunrau V_2, V_3 und I_1. — Für 48 Stunden sind die Resultate nur wenig anders: In der Mitte steht etwa Cunrau V_2 mit 2715 Cc.; darüber stehen Wiesenmoor IIa, III, das Sandgemisch, Cunrau V_3 und I_1; darunter Wiesenmoor Ia, IIb, Wiese untere Schicht, Cunrau V_1 und I_2.

Diese Absorptionszahlen lassen allerdings einen Zusammenhang mit den physikalischen Eigenschaften der Moorarten erkennen; am deutlichsten tritt dies bei den Moorsanden hervor: Wiesenmoor III zeigt sehr hohe Absorptionszahlen, dieselben stimmen fast überein mit den Zahlen, welche sich bei dem Gemisch von Sand und Moorsubstanz ergeben, das ungefähr dieselbe Menge organische Substanz enthielt. In Folge der Beimengung von Sand bietet die organische Substanz dem Sauerstoff eine große Oberfläche dar. Dies bestätigt auch die Probe Cunrau I_1, wo die Sandmenge noch größer, die Absorptionszahlen aber auch noch höher waren. Es ist nothwendig, daß der Sand nicht zu fein ist, weil dadurch die Masse wieder zu dicht wird.

Wenn die organische Substanz zum großen Theile in Form von noch nicht verwitterten Wurzelfasern vorhanden ist, so kann die Moorsubstanz zwar sehr locker sein, ist aber dennoch wenig geneigt, Sauerstoff aufzunehmen; es mag dies seinen Grund darin haben, daß die Pflanzenreste der Verwitterung noch zu viel Widerstand entgegensetzen. Zu diesem Schlusse führen die beiden Proben Wiesenmoor Ia und IIa, jenes mit vielen unverwitterten Pflanzenfasern und kleinen Absorptionszahlen, dieses mit weniger unversehrten Pflanzenfasern und großen Absorptionszahlen. Auch die kleinen Zahlen bei Cunrau I_2 dürften hierin ihren Grund haben. *Im Wesentlichen wurde daher die Größe der Absorption als eine Function der Oberfläche befunden; vergrößerte man die Oberfläche durch Mischen mit indifferenten Stoffen, wie Sand, so steigerte man dadurch auch die Absorption.*

Weniger wichtig, vielleicht ganz verschwindend gegen die Bedeutung der physikalischen Eigenschaften für die Absorptionsfähigkeit, waren bei den vorliegenden Versuchen die chemischen Eigenschaften der Moorarten; so absorbirte wider Erwarten die eisenoxydulhaltige Moorprobe nicht mehr. Es darf dies auch nicht Wunder nehmen, denn die etwa vorhandenen oxydationsfähigen Schwefel- und Oxydulverbindungen, die allerdings vollständig genügen können, um die Vegetation unmöglich zu machen, gebrauchen zu ihrer Oxydation doch verhältnißmäßig wenig Sauerstoff im Vergleich zu der Menge, welche die Humussubstanz bei guter Durchlüftung des Moorbodens aufnehmen kann. Ob indessen nicht verschiedene Modifikationen der Moorsubstanz, wie der todte Haideboden ꝛc., ein verschiedenes Absorptionsvermögen für Sauerstoff haben, dürfte dahingestellt bleiben;

um dies zu entscheiden, sind weitere Versuche nöthig. Jedenfalls beweisen aber die vorliegenden Versuche, daß die zur Cultur taugliche Moorsubstanz ein sehr hohes Sauerstoffabsorptionsvermögen besitzt, in Folge dessen viel Kohlensäure entwickelt wird, welche belebend, lösend, aufschließend und die Umsetzung beschleunigend wirkt. Daraus erklärt sich wohl die schnelle und in anderen Medien kaum erreichte Wirkung der künstlichen Düngemittel bei den Moorculturen.

II.

Ueber Reductionsvorgänge in der Moorsubstanz.

Von

Dr. A. Vagel.

Neben den Oxydulsalzen sind die Schwefelverbindungen in Bodenarten erfahrungsgemäß als der Vegetation höchst schädliche Stoffe zu bezeichnen. Demnach hat man dahin zu streben, den Boden von diesen Verbindungen zu befreien, wenn deren Gegenwart erkannt ist, andererseits vorsichtig darauf zu achten, daß in gesunden Bodenarten ihrem Entstehen vorgebeugt wird. Dazu ist nun nothwendig, zuerst die Bedingungen kennen zu lernen, unter welchen dieser in seinen Folgen so nachtheilige Prozeß vor sich geht.

In gewöhnlichen Ackererden kommen Schwefelverbindungen selten vor; um so häufiger begegnen wir denselben aber in Moorböden; deswegen sind dieselben ausschließlich zu den folgenden Versuchen verwandt. Diese Mittheilungen sollen nun keineswegs eine endgültige Lösung dieser so wichtigen Frage sein, sondern sie sollen nur einen Beitrag zu den bereits in dieser Hinsicht gemachten Erfahrungen liefern.

Wenn dafür gesorgt wird, daß der Sauerstoff der atmosphärischen Luft in ausreichendem Maße in den Moorboden eindringen kann, so werden vorhandene Schwefelverbindungen oxydirt und eine Neubildung derselben unmöglich gemacht. Das Umgekehrte kann eintreten, wenn der Zutritt der Luft erschwert wird. — Daß sich alsdann Schwefelverbindungen bilden, sollen die folgenden Versuche darthun.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß in Kochflaschen lufttrockene Moorsubstanz mit Wasser übergossen wurde, und daß dann diese Flaschen gut verstöpselt und versiegelt einige Zeit aufbewahrt wurden. Die angewandten Gummistopfen waren mit zwei Durchbohrungen versehen; durch deren eine wurde ein Glasrohr bis nahezu an den Boden, durch die andere ein kürzeres Rohr bis dicht unter den Stopfen geführt; beide Röhren wurden oben entweder zugeschmolzen oder mit gut schließenden Gummikappen verschlossen. Zugleich wurde jedesmal eine mit einem einfachen Gummistopfen verschlossene Flasche mit demselben Inhalt zur qualitativen Untersuchung angestellt. Es kam nun darauf an,

den Schwefel in der ursprünglichen Probe, dann den in der Probe, welche mit Wasser befeuchtet gestanden hatte, zu bestimmen; so mußte sich ja erkennen lassen, ob eine Zunahme des Schwefels stattgefunden hatte. Es wurde hierbei nur auf die leicht zerstörbaren Schwefelverbindungen resp. auf freien Schwefelwasserstoff Rücksicht genommen.

Die Bestimmung wurde in der Weise ausgeführt, daß der Schwefelwasserstoff, welcher sich einmal beim Kochen mit Wasser, dann mit 2-procentiger Schwefelsäure (auf 25 Grm. lufttrockene Moorsubstanz 200 Cc. 2-procentige Säure) entwickelte, in einer Lösung von salpetersaurem Silber von bestimmtem Gehalt aufgefangen wurde. Nach Beendigung der Destillation wurde vom Schwefelsilber abfiltrirt und im Filtrat das Silber als Chlorsilber bestimmt; aus der Differenz konnte dann leicht der Schwefelgehalt berechnet werden.

Bereitung der Silberlösung: 17·0 Grm. $AgNO^3$ = 1 Ltr. = $\frac{1}{10}$ normal; gestellt gegen $\frac{1}{10}$ Normal-Kochsalzlösung, die 5·85 Grm. Na Cl im Liter enthielt.

1) 20 Cc. Na Cl-Lösung (= 0·117 Grm. Na Cl) = 20·15 Cc. $AgNO^3$-Lösung; demnach ist 1 Cc. $AgNO^3$-Lösung = 0·0107194 Grm. Ag.
20 Cc. = **0·2144** Grm. Ag.
2) 20 Cc. Silberlösung = 0·2850 Grm. Ag. Cl.
entspricht **0·2145** Grm. Ag.

Zu den Versuchen wurden wieder angewandt die Cunrauer Moorarten V_1, V_2, V_3; die Wiesenmoore IIa, IIb, Wiese; ferner zwei Proben von Hohenziatzer Mooren, von denen das eine (Nr. III) von einem Boden stammte, der wegen seines bedeutenden Gehaltes an schwefelsaurem Eisenoxydul vollständig unfruchtbar war, während das andere (Nr. 9) als culturfähig bezeichnet werden konnte.

Schließlich wurde noch ein Versuch mit drei Moorproben von einem Cunrauer Culturdamme gemacht (II_2, II_3, II_4); diese drei Proben wurden dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, während die ersteren bei zerstreutem Tageslicht aufbewahrt wurden.

I. Die Cunrauer Moorarten V_1, V_2, V_3.

A. Bestimmung des Schwefels der leicht zersetzbaren Schwefelverbindungen in der ursprünglichen Substanz.

V_1: 25 Grm. lufttr. mit 200 Cc. Wasser gekocht lieferten 0·00006 Grm. Schwefel . . . . . = 0·0002 pCt. S. in der lufttr. Substanz.

Dieselben 25 Grm. weiter mit 200 Cc. 2-proc. SO^3 gekocht lieferten 0·00012 Grm. Schwefel = 0·0005 pCt. S.

Gesammt-Schwefel . . . = **0·0007** pCt. in der lufttr. Substanz.

V_2: 25 Grm. mit Wasser lieferten 0·00012 Grm. Schwefel,

= 0·0005 pCt. Schwefel.
Dieselben mit Schwefelsäure 0·000165 Grm. Schwefel.
= 0·0007 Grm.
Gesammt-Schwefel . . . = **0·0012** pCt. in der lufttr. Substanz.

V_3: 25 Grm. mit Wasser lieferten 0·00006 Grm. Schwefel,
= 0·0002 pCt. Schwefel,
Dieselben mit Schwefelsäure 0·00028 Grm. Schwefel,
= 0·0011 pCt.
Gesammt-Schwefel . . . = **0·0013** pCt. in der lufttr. Substanz.

B. Bestimmung des Schwefels der leicht zersetzbaren Schwefelverbindungen in Proben, die mit Wasser in verschlossenen Gefäßen gestanden hatten.

25 Grm. lufttrockene Moorsubstanz wurden mit 250 Cc. Wasser 10 Wochen lang in gut verschlossenen Kochflaschen aufbewahrt.

V_1: 25 Grm. mit 250 Cc. Wasser destillirt = 0·0004 Grm. S.
= 0·0016 pCt S.
Dieselben 25 Grm. weiter mit 250 Cc. 2-proc. Schwefelsäure destillirt
= 0·0001 Gr. S.
= 0·0004 pCt. S.
Gesammt-Schwefel . . . = 0·0020 pCt.

V_2: 25 Grm. mit Wasser = 0·00028 S.
= 0·0011 pCt. S.
Weiter mit Schwefelsäure . = 0·00034 S.
= 0·0014 pCt. S.
Gesammt-Schwefel . . . = 0·0025 pCt. S.

V_3: 25 Grm. mit Wasser . = 0·00012 S.
= 0·0005 pCt. S.
Weiter mit Schwefelsäure . = 0·00022 S.
= 0·0009 pCt. S.
Gesammt-Schwefel . . . = 0·0014 pCt.

C. Von denselben Moorarten wurden nochmals 3 Flaschen angesetzt, aber weniger Wasser angewandt (auf 25 Grm. nur 150 Cc.)

V_1: Beim Oeffnen der Flasche war ein geringer Druck noch immer bemerkbar. Dieselbe Bemerkung wurde bei den beiden anderen Flaschen gemacht.

25 Grm. mit Wasser destillirt . . . . . = 0·0010 S.
= 0·0040 pCt. S.
Dies. 25 Grm. mit Schwefels. weiter dest. . = 0·00022 S.
= 0·0009 pCt. S.
Gesammt-Schwefel . . . . . = 0·0049 pCt.

V_2: 25 Grm. mit Wasser destillirt . . . = 0·0003 S.
= 0·0012 pCt. S.
Dies. 25 Grm. mit Schwefels. weiter dest. . = 0·00084 S.
= 0·0032 pCt. S.

Gesammt-Schwefel . . . . . = 0·0044 pCt. S.
V_3: 25 Grm. mit Wasser destillirt . . . = 0·00016 S.
= 0·0006 pCt. S.
Dies. 25 Grm. mit Schwefels. weiter dest. . = 0·00089 S.
= 0·0036 pCt. S.

Gesammt-Schwefel . . . . . = 0·0039 pCt.

Hiernach ergeben sich also folgende Resultate:

Cunrauer Moorarten.

Bezeichnung.		Bemerkungen.	In der lufttrockenen Substanz.			Auf Trockensubstanz berechnet.	
			Mit Wasser destillirt. pCt.	Mit 2proc. Schwefelsäure destillirt. pCt.	Gesammt-Schwefel. pCt.	Gesammt-Schwefel. pCt.	Zunahme des Schwefels durch Stehen mit Wasser.
A.	Cunrau V_1.	25 Grm. ursprüngl. Substanz destillirt ohne Stehen mit Wasser.	0·0002	0·0005	0·0007	0·0008	—
	„ V_2.		0·0005	0·0006	0·0011	0·0013	—
	„ V_3.		0·0002	0·0011	0·0013	0·0015	—
B.	„ V_1.	25 Grm. mit 250 Cc. Wasser nach 10-wöchentlich. Stehen.	0·0016	0·0004	0·0020	0·0024	0·0016
	„ V_2.		0·0011	0·0014	0·0025	0·0029	0·0016
	„ V_3.		0·0005	0·0009	0·0014	0·0016	0·0001
C.	„ V_1.	25 Grm. mit 150 Cc. Wasser nach 9-wöchentlichem Stehen.	0·0040	0·0009	0·0049	0·0058	0·0050
	„ V_2.		0·0012	0·0032	0·0044	0·0052	0·0039
	„ V_3.		0·0006	0·0036	0·0039	0·0045	0·0030

Obwohl die Mengen des gebildeten Schwefels nur sehr gering sind, so ist eine Zunahme desselben doch deutlich bemerkbar, und zwar ist dieselbe bei geringerer Befeuchtung bedeutend größer. Aus diesem Grunde wurden die folgenden Proben mit nur so viel Wasser angestellt, als nothwendig war, um die Masse ganz zu durchfeuchten.

II. Wiesenmoore.

Wieder 25 Grm., von den Proben IIa, IIb und Wiese (untere Schicht) wurden mit je 50 Cc. Wasser angestellt; die Moorsubstanz war durch die angegebene Wassermenge eben durchfeuchtet. Nach 14tägigem Stehen wurde mit 200 Cc. 2-procentiger Schwefelsäure abdestillirt. Von der Destillation mit

bloßem Wasser wurde hier Abstand genommen, weil in einer andern Flasche, die mit einem dieser Wiesenmoore zur qualitativen Untersuchung angestellt war, eine reichliche Ammoniakentwickelung neben dem ebenfalls entstandenen Schwefelwasserstoff bemerkt wurde, und weil es interessant schien, diese Ammoniakbildung zugleich mit in Untersuchung zu ziehen. Aus diesem Grunde wurde der Inhalt der Flasche nach der Destillation mit Schwefelsäure noch mit Magnesia usta gekocht. Dieselben Operationen wurden natürlich mit anderen 25 Grm. der ursprünglichen Moorproben angestellt, die nicht mit Wasser befeuchtet gestanden hatten, um die Vergleichszahlen zu erhalten.

Qualitative Untersuchung der Probe IIb, die in derselben Weise wie die Proben zu der quantitativen Bestimmung mit Wasser angestellt war.

1) Die Probe reagirte vor dem Stehen mit Wasser deutlich sauer.

2) Nach 10-tägigem Stehen mit Wasser war aber alkalische Reaction eingetreten.

3) Die Probe entwickelte mit Salzsäure weiße Nebel, die unzweifelhaft von gebildetem freien Ammoniak herrührten.

4) Dieselbe roch stark nach Schwefelwasserstoff (resp. nach Schwefelammonium).

A. Bestimmung des Schwefelwasserstoffs und des Ammoniaks in den ursprünglichen lufttrockenen Moorarten.

Ia. 25 Grm. = 0·0004 Grm. S. = **0·0016** pCt. S.
= 0·00748 „ N. = **0·02996** „ N. als H^3N = **0·03638** pCt. H^3N
IIb. 25 Grm. = 0·0006 „ S. = **0·0024** „ S.
= 0·012412 „ N. = **0·049648** „ N. „ „ = **0·060286** „ „
Wiese (untere Schicht) = 0·0003 „ S. = **0·0012** „ S.
= 0·01177 „ N. = **0·04708** „ N. „ „ = **0·05717** „ „

B. Bestimmung des Schwefelwasserstoffs und des Ammoniaks in den genannten Proben nach 14-tägigem Stehen.

Der Apparat und die Bestimmungsweise war für den Schwefelwasserstoff dieselbe wie bei den Cunrauer Moorarten; das durch Kochen mit Magnesia usta entwickelte Ammoniak wurde nach der bekannten Methode in Schwefelsäure von bestimmtem Gehalt aufgefangen.

Beim Oeffnen der Flasche war ein Druck nach innen bemerkbar.

IIa. 25 Grm. lufttrockener Moorsubstanz gaben mit 2-procentiger Schwefelsäure destillirt
0·0012 S. = **0·0048** pCt. S.
Mit Magnesia usta entwickelte sich beim Kochen
0·018618 Grm. N. = **0·074472** pCt. N. als H^3N = **0·09043** pCt. H^3N
IIb. 25 Grm. = 0·0023 „ S. = **0·0092** „ S.
= 0·022256 „ N. = **0·089024** „ N. „ „ = **0·1081** „ „
Wiese (untere Schicht) = 0·0005 „ S. = **0·0020** „ S.
= 0·014552 „ N. = **0·058208** „ N. „ „ = **0·07068** „ „

Wiesenmoore.
(Sämmtliche Zahlen auf Trockensubstanz berechnet.

Bezeichnung.		Bemerkungen.	Schwefelgehalt. pCt.	Zunahme des Schwefelgehalts durch Stehen mit Wasser. pCt.	Gehalt an Wasser als Ammoniak. pCt.	Zunahme des ammoniakförmigen Stickstoffs. pCt.	Gehalt an Ammoniak. pCt.	Zunahme des Ammoniaks. pCt.
Wiesenmoor	IIa.	Durch Kochen des ursprüngl Moores m. Schwefels. u. Magnes. usta gefunden:	0·0019	—	0·03601	—	0·04373	—
"	IIb.		0·0028	—	0·05826	—	0·07074	—
"	Wiese		0·0014	—	0·05548	—	0·06737	—
"	IIa.	Durch Kochen des Moores nach 14-tägig. Stehen mit Schwefels. und Magnesia usta gefunden.	0·0058	0·0039	0·08981	0·05380	0·10869	0·06496
"	IIb.		0·0108	0·0080	0·10446	0·04620	0·12685	0·08311
"	Wiese		0·0022	0·0008	0·06859	0·01311	0·08329	0·01592

Obwohl die Resultate dieser Versuche mit den Wiesenmooren bereits die schönsten Beweise für die Anfangs aufgestellte Behauptung liefern, so schien es doch noch lohnend zu sein, zwei Versuche mit Moorproben aus Hohenziatz hinzuzufügen, von denen die eine Probe (III) von einem Boden herrührte, der wegen seines Gehalts an schwefelsaurem Eisenoxydul gar keine Vegetation mehr hervorbrachte, während die andere Probe (Nr. 9) von einem gesunden Moorboden herrührte. Es sollte namentlich festgestellt werden, ob beide Moorarten bei Luftabschluß hinsichtlich der Schwefel- und Ammoniakbildung ein verschiedenes Verhalten zeigten.

III. Hohenziatzer Moorarten.

Um das schwefelsaure Eisenoxydul aus Nr. III zu entfernen, wurden 25 Grm. auf einem Filter mit 500 Cc. Wasser ausgewaschen; dieselbe Operation wurde auch mit 25 Grm. von Nr. 9 angestellt, damit beide Proben gleichmäßig behandelt würden. Dann wurden die feuchten Moorproben sammt dem Filter in Flaschen gebracht, die wie früher verschlossen wurden. Die Menge des zur Befeuchtung dienenden Wassers war etwa der bei den Wiesenmooren gleich. Zugleich wurde von jeder Moorart eine Probeflasche zu qualitativen Untersuchungen angestellt.

Nach 4 Wochen wurde in der eben beschriebenen Weise mit Schwefelsäure Schwefelwasserstoff und mit Magnesia usta Ammoniak abdestillirt.

Die Probeflaschen zeigten beim Oeffnen keinen Geruch nach Schwefelwasserstoff; Ammoniak schien sich indessen gebildet zu haben. Die Reaction der Proben war vor dem Stehen mit Wasser vollständig neutral, nach dem Stehen schwach alkalisch.

Beim Oeffnen der Flaschen war keine Druckdifferenz zwischen der äußeren und inneren Luft bemerkbar.

A. Bestimmung des Schwefels und Ammoniaks in den ursprünglichen Proben.

Nr. III. 25 Grm. = 0·0003 Grm. S. = **0·0012** pCt. S. in der lufttr. Substanz
= 0·00378 „ N. = **0·01512** „ N. als H^3N. = **0·01836** pCt. H^3N.
Nr. 9. 25 „ = 0·00016 „ S. = **0·0006** „ S.
= 0·00525 „ N. = **0·0210** „ N. „ „ = **0·0255** „ „

B. Bestimmung des Schwefels und des Ammoniaks in den Proben nach 4 Wochen langem Stehen:

Nr. III. 25 Grm. = 0·00093 Grm. S. = **0·0019** pCt. S.
= 0·00441 „ N. = **0·01764** „ N. als H^3N. = **0·02142** pCt. H^3N.
Nr. 9. 25 „ = 0·00028 „ S. = **0·0011** „ S.
= 0·00588 „ N. = **0·02352** „ N. „ „ = **0·02856** „ „

Hohenziatzer Moorarten. (Auf Trockensubstanz berechnet.)

Bezeichnung	Bemerkungen.	Schwefelgehalt. pCt.	Zunahme des Schwefelgehalts durch Stehen mit Wasser. pCt.	Gehalt an Wasser als Ammoniak. pCt.	Zunahme des H^3N-förmigen N. pCt.	Gehalt an Ammoniak. pCt.	Zunahme des Ammoniaks. pCt.
Hohenziatz III. .	Vor dem Stehen	0·0020	—	0·02484	—	0·03017	—
„ Nr. 9.	mit Wasser.	0·0010	—	0·03440	—	0·04175	—
„ III. .	Nach 4 Wochen	0·0031	0·0011	0·03142	0·00658	0·03814	0·00797
„ Nr. 9.	langem Stehen mit Wasser.	0·0018	0·0008	0·03852	0·03164	0·04677	0·03842

Gunrauer Moorproben II_2, II_3, II_4.

Diese Proben stammten von einem neunjährigen Culturdamme. 25 Grm. wurden in derselben Weise wie die Wiesenmoorproben mit Wasser in verschlossenen Flaschen angestellt; ebenso von jeder dieser Moorarten eine Probeflasche. — Diese letzten, in dieser Richtung angestellten Versuche sollten den Zweck haben, festzustellen, ob die Einwirkung der directen Sonnenstrahlen und zugleich die damit verbundene Temperaturerhöhung eine lebhaftere Umwandlung der schwefelsauren Salze in Schwefelverbindungen haben würde.

Die Proben zeigten vor dem Anstellen eine schwach-alkalische Reaction; auch nach 4-wöchentlichem Stehen war die Reaction nicht stärker alkalisch geworden.

A. Bestimmung des Schwefels in den ursprünglichen lufttrockenen Mooren:

II_3: 25 Grm. = 0·00022 Grm. S. = **0·0009** pCt. S. in der lufttrockenen Substanz
= **0·0011** pCt. S. in der Trockensubstanz.
II_4: 25 Grm. = 0·00015 Grm. S. = **0·0006** pCt. S. in der lufttrockenen Substanz
= **0·0007** pCt. S. in der Trockensubstanz.

B. Bestimmung des S in denselben Proben nach 4-wöchentlichem Stehen mit Wasser:

Zusammenstellung der gewonnenen Resultate.

(Die Procentzahlen sind sämmtlich auf Trockensubstanz berechnet.)

Bezeichnung der Moorarten.	Gesammt-Schwefel.	Schwefelsäure.	Leicht destillirbarer Schwefel in dem ursprünglichen lufttrockenen Moor.	Leicht destillirbarer Schwefel in derselben Probe nach dem Stehen mit Wasser.	Zunahme des leicht destillirb. Schwefels durch das Stehen mit Wasser; der urspr. Gehalt = 1 gesetzt.	Ursprünglicher Gehalt an N in Form von Ammoniak.	Gehalt an N in Form von Ammon. in derselben Probe nach d. Stehen mit Wasser.	Zunahme der ammoniakförm. N; der urspr. Gehalt = 1 gesetzt.	Ursprünglicher Gehalt an Ammoniak.	Gehalt an Ammoniak in derselben Probe nach dem Stehen mit Wasser.	Zunahme des Ammoniaks; d. urspr. Gehalt = 1 gesetzt.	Bemerkungen.
Cunrauer V_1	0·21	0·81	0·0008	0·0024	1 : 3·0	—	—	—	—	—	—	Mit viel Wasser 10 Wochen.
				0·0058	1 : 7·3							Mit wenig Wasser 9 Wochen.
Cunrauer V_2	0·6	0·80	0·0013	0·0029	1 : 2·2	—	—	—	—	—	—	Mit viel Wasser 10 Wochen.
				0·0052	1 : 4·0							Mit wenig Wasser 9 Wochen.
Cunrauer V_3	0·41	0·90	0·0015	0·0016	1 : 1·1	—	—	—	—	—	—	Mit viel Wasser 10 Wochen.
				0·0045	1 : 3·0							Mit wenig Wasser 9 Wochen.
Wiesenmoor IIa	—	2·46	0·0019	0·0058	1 : 3·1	0·03601	0·08981	1 : 2·5	0·04373	0·10869	1 : 2·5	Mit wenig Wasser 14 Tage lang stehen lassen.
Wiesenmoor IIb	—	1·32	0·0028	0·0108	1 : 3·9	0·05826	0·10446	1 : 1·8	0·07074	0·12685	1 : 1·8	
Wiesenmoor (Wiese, untere Schicht)	—	1·91	0·0014	0·0022	1 : 1·6	0·05548	0·06859	1 : 1·2	0·06737	0·08329	1 : 1·2	
Hohenziatzer III [1]	0·75	8·48	0·0020	0·0031	1 : 1·6	0·02484	0·03142	1 : 1·3	0·03017	0·03814	1 : 1·3	Mit wenig Wasser 4 Wochen lang stehen lassen.
Hohenziatzer 9	0·56	1·11	0·0010	0·0018	1 : 1·8	0·03440	0·03852	1 : 1·1	0·04175	0·04677	1 : 1·1	

1) Diese und die folgende Probe Nr. 9 waren vor dem Einschließen in die Flaschen mit 500 Cc. Wasser ausgewaschen.

II_3: 25 Grm. = 0·00021 S. = **0·0008** pCt. S. in der lufttrockenen Substanz
= **0·0009** pCt. S. in der Trockensubstanz.
II_4: 25 Grm. = 0·0003 S. = **0·0012** pCt. S. in der lufttrockenen Substanz
= **0·0014** pCt. S. in der Trockensubstanz.

Da sich bei der Probe II_3 gar keine, bei II_4 nur eine sehr geringe Schwefelbildung nachweisen ließ, so wurde von der Untersuchung der Probe II_2 und von den Ammoniakbestimmungen überhaupt Abstand genommen. Die Einwirkung der Sonnenstrahlen scheint demnach ziemlich unwesentlich für den Schwefelbildungsproceß zu sein.

Um die gesammten Resultate besser überblicken zu können, sind dieselben in folgender Tabelle zusammengestellt: (s. S. 377.)

Die vorstehenden Resultate führen zu folgenden Schlüssen:

1) Es bilden sich bei Luftabschluß in der Moorsubstanz durch Reduction von schwefelsauren Salzen Schwefelverbindungen, die zum Theil als Schwefelwasserstoff, zum Theil als Schwefelmetalle auftreten.

In jedem Falle ist diese Bildung als eine der Fruchtbarkeit schädliche zu bezeichnen. Es muß daher Aufgabe einer rationellen Moorcultur sein, durch Herstellung einer kräftigen Durchlüftung das Zustandekommen des schädlichen Reductionsvorganges zu verhindern.

2) Der schädliche Einfluß stagnirenden Wassers dürfte zum Theil auf die Bildung derartiger Verbindungen zurückzuführen sein.

3) Hand in Hand mit der Reduction von schwefelsauren Salzen geht eine nicht unerhebliche Bildung von Ammoniak aus den stickstoffhaltigen organischen Verbindungen der Moorsubstanz.

4) Ob diese Bildung nur bei Luftabschluß vor sich geht, ist noch nicht erwiesen.

III.

Ueber die Umsetzung der Stickstoffverbindungen der Moorsubstanz durch die Rimpau'sche Dammcultur-Methode.

Von

W. Thilo Oßwald.

Bei den Culturen des Herrn Rimpau-Cunrau, welcher, wie bekannt, das Unterbringen der Saat in der über das Moor gebreiteten Sanddecke bewirkt, das Moor aber gar nicht mit dem Sande vermischt, sondern nur von Zeit zu Zeit die obere harte Kruste des Moores mit dem Untergrundpfluge lockert, war auf den älteren Dämmen in den letzten Jahren Lagern des Getreides eingetreten, was einen zu hohen Nährstoffgehalt, hauptsächlich lösliche Stickstoffverbindungen in überreicher Menge vermuthen ließ, zumal da Herr Rimpau gleich vom Anfang an bei seiner Culturmethode die höchsten Erträge erzielt hatte, und verschiedene im hiesigen Laboratorium ausgeführte Analysen

von in Cunrau gebauten Halm- und Hackfrüchten einen sehr hohen Gehalt derselben an Stickstoffverbindungen ergaben. Das Material, welches zur Ausführung der nachstehenden Analysen diente, war von Herrn Prof. Märcker selbst bei Gelegenheit eines Besuchs in Cunrau zum Zweck dieser Untersuchung an Ort und Stelle entnommen worden. Zur Untersuchung gelangten

1) Boden- und Untergrundproben eines zwölfjährigen Dammes, des ältesten der Cunrauer Moorkultur, im letzten Jahre mit Raygras bestanden, derselbe hatte bei abwechselnder Düngung mit Stalldünger, Knochenmehl, Superphosphat, und Kainit die ganzen Jahre hindurch die höchsten Erträge der darauf gebauten Früchte geliefert.

2) Proben eines neunjährigen Culturdammes, der bei gleicher Behandlung wie der vorige im letzten Jahre starke Lagerung der darauf bestandenen Gerste gezeigt hatte.

3) Proben des jüngsten zweijährigen Dammes, im ersten Jahre mit Hafer, im zweiten mit Kartoffel bestanden.

Von sämmtlichen Dämmen wurden die Schichten getrennt untersucht, nur die mittlere und untere Moorschicht wurden vor der Analyse gemischt. Die Reihenfolge der einzelnen Schichten, sowie deren Mächtigkeit ist folgende:

Cultursand über dem Moor	10	Centim.
obere Schlickschicht	4	„
obere aufgetragene Moorschicht	10	„
mittlere und untere Moorschicht zusammen .	76	„

Die untere Schlickschicht, sowie der darunter befindliche Sand wurden ebenfalls untersucht, kommen aber bei der späteren Vergleichung der Schichten und Dämme untereinander weniger in Betracht, da sie ihrer tiefen Lage wegen für die Pflanzenernährung ohne Werth sind. Außer diesen drei Culturdämmen gelangte noch des Vergleichs wegen

4) rohes Moor, aus einem Torfstiche, das vollständig trocken gelegt, bis sechs Wochen vorher abgebaut worden war, und an seinen Rändern Auswitterungen zeigte, und

5) rohes, noch nicht vollständig entwässertes Moor zur Untersuchung.

Nachdem der Trockensubstanzgehalt der einzelnen Proben festgestellt, und die organischen und mineralischen Bestandtheile derselben bestimmt waren, wurde zur Bestimmung des Stickstoffs geschritten, und zwar wurde der Gesammtstickstoff durch Verbrennen mit Natronkalk nach Varrentrapp-Will, die Salpetersäure nach der von Schulze modificirten Schlösing'schen Methode, wobei das Stickoxyd im Eudiometerrohr aufgefangen und gemessen, und dann mit Eisenvitriollösung absorbirt, der übrig bleibende Rest als Luft in Abzug gebracht wird, und das Ammoniak durch Auskochen mit Magnesia, Auffangen in titriter Schwefelsäure und Zurücktitriren der überschüssigen Schwefelsäure mit Barytwasser.[1])

1) Die Anwendung des Knop'schen Azotometers wurde unterlassen, da nach Pagel Fresenius' Zeitschrift Bd. 15 S. 276 diese Methode bei humusreichen Bodenarten keine richtigen Resultate giebt.

Bei den späteren Berechnungen wurde angenommen, daß der Stickstoff der Salpetersäure bei der Verbrennung mit Natronkalk mitgefunden wird, da nach verschiedenen, ausgeführten Bestimmungen eines analysirten Moores bei Zusatz von Kalisalpeter stets ein Theil des Stickstoffs desselben als Ammoniak gefunden wurde, und zwar bedeutend mehr als überhaupt Salpetersäure in den Cunrauer Mooren nach der Schlösing'schen Methode nachgewiesen wurde.

Tabelle I.

In hundert Theilen Trockensubstanz sind enthalten:

		Organisch.	Mineral.	Salpetersäure.	Ammoniak.	Gesammt-Stickstoff.	Procente Stickstoff i. d. organ. Substanz.
Damm I zwölfjähr. Cultur mit Gras bestanden.	1. Cultursand üb. d. Moor	9·14	90·86	Spuren	0·00454	0·356	3·895
	2. Moor obere Schicht . .	70·58	29·42	0·00355	0·02324	2·533	3·588
	3. u. 4. Moor mittlere und untere Schicht . . .	82·34	17·66	0·00121	0·01967	2·89	3·509
	5. Schlick obere Schicht .	28·74	71·26	0·00284	0·00734	0·878	3·055
	6. Schlick untere Schicht .	16·70	83·30	0·00209	0·00364	0·552	3·305
	7. Sand unter dem Moor .	0·78	99 22	Spuren	0·0008	0·052	6·666
Damm II neunjähr. Cultur Gerstenstoppel.	1. Cultursand üb. d. Moor	2·90	97·10	„	0·00178	0·148	5·103
	2. Moor obere Schicht . .	71·82	28·18	0·00121	0·02557	2·67	3·717
	3 u. 4. Moor mittlere und untere Schicht[1]) . . .	73·75	26·25	0·00121	0·02776	2·79	3·783
	5. Schlick thonig undurchlässig	14·60	85·40	0·0006	0·01532	0·484	3·315
	6. Sand unter dem Moor .	0·48	99·52	—	—	0·0287	6·00
Damm III zweijähr. Cultur Kartoffel.	1. Cultursand üb. d. Moor	1·36	98·64	Spuren	—	0·058	4·264
	2. Moor obere Schicht . .	36·06	63·94	„	0·0172	1·266	3·510
	3 u. 4) Moor mittlere und untere Schicht . . .	86·32	13·68	„	0·01787	2·467	2·834
	5. Schlick	14·12	85·88	„	0·00409	0·463	3·279
	6. Sand unter dem Moor .	2·80	97·20	—	0·0008	0·111	3·964
Moor aus einem Torfstich einen Fuß vom Rande.	1. Moor obere Schicht . .	75·12	24·88	0·00236	0·0366	2·344	3·120
	2 u. 3. Moor mittlere und untere Schicht . . .	74·71	25·29	0·00131	0·02572	2·224	2·976
	4. Moor und Schlick . .	16·0	84·0	Spuren	0·00308	0·483	3·018
	5. Sand unter dem Moor .	0·82	99·18	—	0·00058	0·0453	5·50
Rohes, theilweise entwässertes Moor, Grundwasserstand noch in demselben.	1. Moor obere Schicht . .	83·22	16·78	—	0·0513	3·12	3·760
	2 u. 3. Moor mittlere und untere Schicht . . .	85·93	14·27	—	0·0289	2·41	2·804
	4. Moor und Schlick . .	42·98	57·02	—	0·00565	1·218	2·833
	5. Schlick blauer fetter Thon	16·83	83·17	—	0 00472	0·279	1·663
	6. Sand unter dem Moor .	0·73	99·27	—	—	0·013	1·780

1) Lag früher oben auf, daher die Gleichmäßigkeit.

Auf der Tabelle I sind die erhaltenen Resultate verzeichnet, und ersehen wir daraus, daß die mittlere und untere Moorschicht am reichsten an Stickstoff ist, nach diesen kommt erst das aufgetragene Moor (Moor obere Schicht der Tabelle) dies könnte zu der Annahme berechtigen, daß durch die Cultur eine Abnahme des Gesammtstickstoffs, in der den Wurzeln am leichtesten zugänglichen oberen Moorschicht stattgefunden, vergleicht man aber die Stickstoffprocente der organischen Substanz, so zeigt sich, daß nicht eine Abnahme, sondern eher eine Bereicherung derselben an Stickstoff eingetreten ist. Denn es enthalten hundert Theile Trockensubstanz

	Stickstoff in der Trocken-substanz.	Stickstoff in der organischen Substanz.
Damm I obere Moorschicht	2·533	3·588
„ I mittlere und untere Moorschicht	2·89	3·509
„ II obere Moorschicht	2·67	3·717
„ II mittlere und untere Moorschicht	2·79	3·783
„ III obere Moorschicht	1·266	3·510
„ III mittlere und untere Moorschicht	2·467	2·834

Der Damm I und II zeigt hiernach eine Zunahme des Gesammtstickstoffs in der organischen Substanz durch die Cultur, obgleich kleine Unterschiede durch Unregelmäßigkeiten bei der Probenahme bewirkt sein können, bei Damm II kann man keine wesentlichen Unterschiede entdecken, was in der früheren Lagerung der Schichten seinen Grund hat, denn es hat die mittlere und untere Schicht früher hier oben aufgelegen, und ist erst kurz vor der Probenahme mit Moor aus den Gräben überdeckt worden.

Von einer Abnahme des Gesammtstickstoffs der Substanz kann nach den obigen Anführungen also nicht die Rede sein. Wie verhalten sich nun aber die Culturfande, welche den jungen Pflänzchen in der ersten Wachsthumsperiode ausschließlich als Nahrungsquelle dienen? Wir sehen, daß diese ebenfalls an Stickstoff reicher geworden sind, doch hat dies allein seinen Grund in der Zunahme der organischen Substanz in denselben, eine Bereicherung dieser an Stickstoff hat nicht stattgefunden.

In hundert Theilen Trockensubstanz sind enthalten:

		Stickstoff in der Trocken-substanz.	Stickstoff in der organischen Substanz.	Organische Substanz des Sandes.
Damm I	Culturfand	0·356	3·895	9·14
„ II	„	0·148	5·103	2·90
„ III	„	0·058	4·264	1·36

Woher kommt nun aber die organische Substanz? — Dafür lassen sich verschiedene Erklärungen geben; einmal kann dieselbe aus dem darunter befindlichen Moore stammen, was aber nach Versicherung des Herrn Rimpau nicht gut anzunehmen ist, da derselbe jede Vermischung von Sand und Moor vorsichtig ver-

meidet, es bleibt demnach nur die Annahme, daß dieselbe aus dem reichlich angewandten Stalldünger und den verwesten Wurzeln der früheren Vegetationen stammt, was auch sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich hat, denn Herr Prof. Maercker fand bei an Ort und Stelle vorgenommenen Untersuchungen, daß die Sanddecke noch nach jahrelanger Cultur sich ganz scharf von der darunter befindlichen Schicht abgrenzte.

Die bedeutende Zunahme der Culturfande an organischer Substanz dürfte aber den Cunrauer Culturen nicht gerade von Vortheil sein, denn sie würden sich den holländischen dadurch immer mehr nähern, und natürlich auch deren nachtheilige Eigenschaften annehmen, was mit der Zeit eine neue kostspielige Ueberdeckung mit Sand nothwendig machen würde. Diese könnte, wenn auch nicht ganz vermieden, doch um viele Jahre hinausgeschoben werden, wenn der Stalldünger, ganz abgesehen von der überflüssigen, oft sogar schädlichen Zufuhr von Stickstoffverbindungen durch denselben, schon aus diesem Grunde bei den Cunrauer Culturen principiell in Wegfall käme.

Die rohen Moore IV und V der Tabelle zeigen ein theilweise anderes Verhältniß, denn während in den Culturmooren die Trockensubstanz der oberen Schicht ärmer, die organische Substanz derselben aber reicher an Stickstoff als die untere ist, ist die Trockensubstanz sowohl, als auch die organische Substanz der oberen Schicht der rohen Moore reicher an Stickstoffverbindungen, als die darunter befindliche, was seinen Grund nur in der weiter vorgeschrittenen Zersetzung der ersteren haben kann, da die untere Schicht zum großen Theil aus noch nicht vollständig verwesten Holzresten und Wurzeln der frühern Vegetation besteht.

Während nun der Gesammtstickstoffgehalt der cultivirten wie auch der rohen Moore ein ziemlich hoher zu nennen ist, finden wir den Salpetersäuregehalt derselben dem Gesammtstickstoff keineswegs entsprechend, denn der höchste Procentsatz geht nicht über die Milligramm hinaus; er beträgt bei dem ältesten Damme, und zwar in der der Verwitterung durch das öftere Auflockern und Lüften am meisten ausgesetzten oberen Moorschicht nur 0·00355 pCt., also 0·0355 Grm. im Kilogramm Moor. Knop „Kreislauf des Stoffs" fand in einem stark gedüngten Sandboden 0·093 Grm. im Kilogramm, und Eugling „Zeitschrift des landw. Centralvereins der Provinz Sachsen, Jahrgang 1874" sogar 0·956 Grm. Salpetersäure in einem Kilogramm Moor aus Hohenziatz.

Vergleicht man diese Zahlen mit den auf beigefügter Tabelle verzeichneten, so findet man, daß der Salpetersäuregehalt der Cunrauer Moore ein keineswegs hoher ist.

Den Moorschichten kommen in Betreff des Procentsatzes die Schlickschichten am nächsten, was seinen Grund in dem größern Gehalt an Mineralbestandtheilen, sowie in der theilweise tieferen Lage derselben hat.

Von den Culturdämmen ist der älteste Nr. I am salpetersäurereichsten, nach diesem kommt der neunjährige Damm Nr. II, und in Nr. III, dem erst seit

zwei Jahren in Cultur befindlichen, sind nur Spuren derselben vorhanden, die nicht quantitativ bestimmt werden konnten, es kann demnach von einem zu hohen, und dadurch schädlich wirkenden Gehalt der Dämme an löslichen Stickstoffverbindungen wenigstens in Form von Salpetersäure nicht die Rede sein, denn in dem jüngsten Damme hat sich noch nicht mehr bilden können, als zur Erhaltung der Pflanzen nothwendig war, da diese den Stickstoff nur in dieser Form durch die Wurzeln aufzunehmen im Stande sind.

Der Schluß, daß in der im Ueberfluß vorhandenen Salpetersäure die Ursache des Lagerns der angebauten Getreidearten zu suchen sei, wird durch die gefundenen Zahlen wiederlegt; zieht man aber die Ammoniakzahlen mit in den Vergleich hinein, so gestaltet sich die Sache ganz anders, und es läßt sich die bedeutende Menge desselben nur durch die reducirenden Eigenschaften der sich zersetzenden Humussubstanzen erklären.[1])

In 100000 Theilen Trockensubstanz sind enthalten

Damm	I	Moor obere Schicht	23·24	Theile Ammoniak.
„	I	Moor mittlere und untere Schicht .	19·67	„ „
„	II	Moor obere Schicht	25·57	„ „
„	II	Moor mittlere und untere Schicht .	27·76	„ „
„	III	Moor obere Schicht	17·2	„ „
„	III	Moor mittlere und untere Schicht .	17·87	„ „

Hier kommen Zahlen vor, wie sie bei anderen Bodenarten nicht beobachtet werden, bis 277 Milligramme im Kilogramm Moor, Knop fand in dem schon früher erwähnten stark gedüngten Sandboden nur 11 Milligramm im Kilogramm und Wolf (Biedermann's Centralblatt) in verschiedenen sächsischen Bodenproben im günstigsten Falle 4 Milligramm im Kilogramm Erde.

In den beiden ältesten Dämmen ist die obere Moorschicht am reichsten an Ammoniak, denn bei Damm II ist die, als mittlere und untere Schicht bezeichnete, die frühere obere Moorschicht. Auch die einzelnen Dämme zeigen einen verschiedenen Ammoniakgehalt an, Damm II ist derjenige, in welchem die höchsten Ammoniakprocente vorkommen, und dürfte der Grund hierfür zum großen Theil in der Beschaffenheit des Culturs andes zu suchen sein, welcher durch sein gröberes Korn eine bessere Luftcirculation und in Folge dessen raschere Zersetzung ermöglicht, auch ist die Farbe desselben eine bedeutend hellere, als die des Culturs andes von Damm I, die Erwärmung und Wärmeausstrahlung aber dadurch auch eine ganz andere.

Auf die Einflüsse, welche die Beschaffenheit der Culturs ande auf die Veränderung der darunter liegenden Moorschicht auszuüben im Stande ist, wird später bei Besprechung der mechanischen Analysen der Culturs ande noch einmal zurückgekommen werden.

---

1) Vielleicht wäre auch etwa vorhandenes Eisenoxydul der Bildung von Salpetersäure hinderlich, was die spätere Gesammtanalyse ausweisen wird.

Der hohe Ammoniakgehalt der Cunrauer Moore berechtigt dazu einen sehr großen Gehalt, wenn nicht gar Ueberfluß an löslichem Stickstoff anzunehmen.

Tabelle II.

Verhältniß der Stickstoffverbindungen zu einander.

		Gesammt-Stickstoff.	Prozente als		Stickstoff in Form von		Stickstoff in organischen Verbindungen.
			Salpetersäure.	Ammoniak.	Salpetersäure.	Ammoniak.	
I.	1. Culturſand über dem Moor	0·356	—	1·275	—	1·05	98·95
	2. Moor obere Schicht.	2·533	0·140	0·917	0·036	0·755	99·21
	3. u. 4. Moor mittlere und untere Schicht	2·890	0·041	0·680	0·01	0·56	99·43
	5. Schlick obere Schicht	0·878	0·323	0·836	0·083	0·688	99·223
	6. Schlick untere Schicht.	0·552	0·378	0·659	0·098	0·542	99·36
	7. Sand unter dem Moor	0·052	—	1·54	—	1·268	98·732
II.	1. Culturſand über dem Moor	0·148	—	1·20	—	0·988	99·012
	2. Moor obere Schicht.	2·670	0·045	0·957	0·011	0·788	99·201
	3. u. 4. Moor mittlere und untere Schicht	2·79	0·043	0·995	0·011	0·82	99·169
	5. Schlick	0·484	0·124	3·165	0·032	2·606	97·362
	6. Sand unter dem Moor	0·0287	—	—	—	—	100·0
III.	1. Culturſand über dem Moor	0·058	—	—	—	—	100·0
	2. Moor obere Schicht.	1·266	—	1·36	—	1·12	98·88
	3. u. 4. Moor mittlere und untere Schicht	2·467	—	0·724	—	0·596	99·404
	5. Schlick	0·463	—	0·881	—	0·725	99·275
	6. Sand unter dem Moor	0·111	—	0·720	—	0·593	99·407
IV.	1. Moor obere Schicht.	2·344	0·100	1·561	0·026	1·285	98·689
	2. u. 3. Moor mittlere und untere Schicht	2·224	0·589	1·156	0·152	0·952	98·896
	4. Schlick	0·483	—	0·637	—	0·524	99·476
	5. Sand unter dem Moor	0·0453	—	1·497	—	1·280	98·72
V.	1. Moor obere Schicht.	3·12	—	1·644	—	1·353	98·647
	2. u. 3. Moor mittlere und untere Schicht	2·41	—	1·19	—	0·98	99·02
	4. Moor und Schlick	1·218	—	0·463	—	0·381	99·619
	5. Schlick (blauer fetter Thon)	0·279	—	1·691	—	1·392	98·60
	6. Sand unter dem Moor	0·013	—	—	—	—	100·0

Die Tabelle Nr. II. zeigt uns die Verhältnisse der Stickstoffverbindungen zu einander; den höchsten Procentsatz des Gesammtstickstoffs in Form von Salpetersäure haben die Schlickschichten, und war dieses auch nicht anders zu erwarten, da diese wegen ihrer Schwerdurchlässigkeit die salpetersauren Salze zurückhalten, welche durch die Sickerwässer zugeführt werden; es wird demnach die Bodenflüssigkeit innerhalb des Moores eine ganz andere chemische Zusammensetzung

haben, als die durch oder über der Schlickschicht abfließende. Die Stickstoff-Procente, welche in Form von Ammoniak vorhanden sind, erreichen dagegen bei den Cultursanden und Moorschichten die höchste Höhe, während nach unten mit wenigen Ausnahmen eine stete Abnahme stattfindet.

Es stellt sich die Anordnung der Schichten nach ihrem Gehalt an Salpetersäure in folgender Reihenfolge dar:

In 100000 Theilen Trockensubstanz:

Damm I.	1) Moor obere Schicht	3·55	Theile Salpetersäure.
„ „	2) Schlick „ „	2·84	„ „
„ „	3) „ untere „	2·09	„ „
„ „	4) Moor mittlere und untere Schicht	1·21	„ „
„ II.	1) „ obere Schicht	1·21	„ „
„ „	2) „ mittlere und untere Schicht	1·21	„ „
„ „	3) Schlick	0·6	„ „

In Damm III. war keine Salpetersäure in bestimmbaren Mengen vorhanden

In 100000 Theilen des Gesammtstickstoffs in Form von Salpetersäure aber:

Damm I.	1) Untere Schlickschicht	378·0	Theile Salpetersäure.
„ „	2) Obere „	323·0	„ „
„ „	3) „ Moorschicht	140·0	„ „
„ „	4) Mittlere und untere Moorschicht	41·0	„ „
„ II.	1) Untere Schlickschicht	124·0	„ „
„ „	2) Obere Moorschicht	45·0	„ „
„ „	3) Mittlere und untere Moorschicht	43·0	„ „

Nach dem Ammoniakgehalt. In 100000 Theilen Trockensubstanz:

Damm I.	1) Moor obere Schicht	23·24	Theile Ammoniak.
„ „	2) „ mittlere und untere Schicht	19·67	„ „
„ „	3) Schlick obere Schicht	7·34	„ „
„ „	4) Cultursand	4·54	„ „
„ „	5) Schlick untere Schicht	3·64	„ „
„ „	6) Sand unter dem Moor	0·80	„ „
„ II.	1) Moor mittlere und untere Schicht	27·76	„ „
„ „	2) „ obere Schicht	25·57	„ „
„ „	3) Schlick	15·32	„ „
„ „	4) Cultursand	1·78	„ „
„ III.	1) Moor mittlere und untere Schicht	17·87	„ „
„ „	2) Moor obere Schicht	17·2	„ „
„ „	3) Schlick	4·09	„ „
„ „	4) Sand unter dem Moor	0·80	„ „

In 100000 Theilen Gesammtstickstoff in Form von Ammoniak aber:

Damm I.	1) Cultursand	1275·0	Theile Ammoniak.
„ „	2) Obere Moorschicht	917·0	„ „
„ „	3) Obere Schlickschicht	836·0	„ „
„ „	4) Mittlere und untere Moorschicht .	680·0	„ „

Damm I.	5) Untere Schlickschicht	659·0	Theile Ammoniak.
„ II.	1) Schlick	3165·0 [1]	„ „
„ „	2) Cultursand	1200·0	„ „
„ „	3) Mittlere und untere Moorschicht .	995·0	„ „
„ „	4) Obere Moorschicht	957·0	„ „
„ III.	1) Obere Moorschicht	1360·0	„ „
„ „	2) Schlick	881·0	„ „
„ „	3) Mittlere und untere Moorschicht .	724·0	„ „
„ „	4) Sand unter dem Moor	720·0	„ „

Die Discussion der in obenstehenden Zusammenstellungen angeführten Zahlen zeigt uns, daß, während der Salpetersäuregehalt der Trockensubstanz in den oberen Schichten am größten ist, der höchste Procentsatz des Gesammtstickstoffs in Form von Salpetersäure in der unteren Schlickschicht vorkommt. An Ammoniak in der Trockensubstanz sind die oberen Moorschichten am reichsten und in Procenten des Gesammtstickstoffs enthalten die Cultursande am meisten. Berechnet man die gefundenen Zahlen auf 1 Hektar ein Meter tief, so enthält dieses an Stickstoffverbindungen in Kilogrammen:

		Salpetersäure.	Ammoniak.	Gesammt-Stickstoff.
[2] Damm I.	1) Cultursand . . . . 10 Centim. = 160 Kilogr. p. □Met.	—	72·64	5696
„	2) Obere Moorschicht . 10 „ = 35 „ „ „	12·42	81·34	8865
„	3) mittlere und untere Moorschicht . . . . 76 „ = 266 „ „ „	32·186	523·22	76874
„	4) obere Schlickschicht . 4 „ = 40 „ „ „	11·36	29·36	3512
	Summa. . . .	55·966	706·56	95947
Damm II.	1) Cultursand . . . . 10 Centim. = 160 Kilogr. p. □Met.	—	28·48	2368
„	2) obere Moorschicht. . 10 „ = 35 „ „ „	4·23	89·49	9345
„	3) mittlere und untere Moorschicht. . . . 76 „ = 266 „ „ „	32·186	738·11	74214
„	4) obere Schlickschicht . 4 „ = 40 „ „ „	2·40	61·28	1936
	Summa. . . .	38·816	917·36	87863
Damm III.	1) Cultursand . . . . 10 Centim. = 160 Kilogr. p. □Met.	—	—	928
„	2) obere Moorschicht. . 10 „ = 35 „ „ „	—	94·60	6963
„	3) mittlere und untere Moorschicht. . . . 76 „ = 266 „ „ „	—	475·34	65622
„	4) obere Schlickschicht . 4 „ = 04 „ „ „	—	16·36	1852
	Summa . . .	—	586·30	75365

1) Der Schlick von Damm II. ist thonig und undurchlässig und läßt sich dadurch seine Ausnahme-Stellung in der Reihe erklären.

2) 1 Cub.-Met. Moor enthält circa 350 Kilo Trockensubstanz.
„ „ Sand „ „ 1600 „ „
„ „ Schlick „ „ 1000 „ „

Alle drei Dämme enthalten große Mengen von Stickstoffverbindungen, der Gehalt an Gesammt-, sowie löslichem Stickstoff steigt mit dem Alter derselben; wäre er ursprünglich gleich gewesen, was allerdings nicht mit Bestimmtheit behauptet werden kann, so würde eine bedeutende Bereicherung eingetreten sein, eine Abnahme ist sicher nicht zu bemerken. Die löslichen Stickstoffverbindungen, ganz abgesehen von der fortwährenden Neubildung derselben, würden noch für viele Jahre ausreichen, denn eine Ernte verbraucht selbst bei den reichen Erträgen in Cunrau nicht mehr als im Durchschnitt 70 Kilo Stickstoff p. Hektar. Stickstoffdüngung ist demnach den Culturen eher nachtheilig als zuträglich, und würde es sich vortheilhaft erweisen, in die Fruchtfolge öfter Rüben, Raps oder Futterkräuter eintreten zu lassen, damit diese den überflüssigen Stickstoff hinwegnehmen.

Um zu sehen, welche Veränderungen durch die Cultur in Bezug auf Stickstoffgehalt und Form desselben hervorgerufen werden, wurden die rohen Moore IV und V untersucht und gefunden, daß der Gesammtstickstoff derselben dem der cultivirten Dämme ziemlich gleich ist, daß aber die Procente desselben sich im Verhältniß zur organischen Substanz im Allgemeinen niedriger stellen, die organische Substanz also durch die Cultur stickstoffreicher wird.

Salpetersäure ist im rohen Moore Nr. V gar nicht vorhanden, während in dem jüngsten Culturdamme schon Spuren nachzuweisen sind [1]). Dagegen ist der Ammoniakgehalt ein ziemlich hoher und auch die Procente des Gesammtstickstoffs in Form von Ammoniak sind dem entsprechend.

In 100000 Theilen Gesammtstickstoff sind:

Damm I	obere	Moorschicht	. . .	917·0	Theile	Ammoniak.
„ II	„	„	. . .	957·0	„	„
„ III	„	„	. . .	1360·0	„	„
„ IV	„	„	. . .	1561·0	„	„
„ V	„	„	. . .	1644·0	„	„

Von den Culturdämmen enthält der jüngste Nr. III den meisten Stickstoff in dieser Form, aber noch lange nicht so viel als die rohen Moore; dies sind Erscheinungen, die gar nicht für die frühere Behauptung sprechen, und es wird später versucht werden, dafür eine Erklärung zu finden.

Auf ein Meter Tiefe sind in dem rohen Moore an Stickstoffverbindungen enthalten (s. S. 388):

Der Ammoniakgehalt der rohen Moore ist demnach ein beträchtlich höherer, als der der cultivirten, der Gesammtstickstoff in beiden ziemlich gleich; dies könnte für den ersten Augenblick erscheinen, als wenn nicht eine Bereicherung der Culturdämme an löslichem Stickstoff stattgefunden, sondern vielmehr eine Verminderung eingetreten wäre, da selbst, wenn wir in Nr. I Salpetersäure und Ammoniak zu-

1) Das Moor aus dem Torfstich bleibt außer Betracht, da die Probe nur einen Fuß von der Abbaustelle genommen wurde, welche am Rande schon Auswitterungen zeigte.

	Salpetersäure	Ammoniak	Gesammt-Stickstoff
[1]) IV. Moor obere Schicht . . 33·3 Centim. = 116·6 Kilo per □Met.	27·51	426·75	27331
„ Moor mittlere und untere Schicht . . . . . 66·6 „ = 233·33 „ „ „	30·56	600·04	51885
Kilogramme auf ein Hektar	58·08	1026·80	79216
V. Moor obere Schicht. . . 33·3 Centim. = 116·6 Kilo per □Met.	—	598·16	36379
„ Moor mittlere und untere Schicht . . . . . 66·6 „ = 233·3 „ „ „	—	674·32	56225
Kilogramme auf ein Hectar	—	1272·48	92604

sammenrechnen, der Gehalt dieses Dammes den des rohen Moores kaum erreicht; bedenken wir aber, daß durch die Ernten jährlich im Durchschnitt 70 Kilo per Hektar entnommen werden, und daß durch die Regenwässer nach Untersuchungen von Völcker und Frankland durch einen Zoll Regenfall schon 2·52 Kilo Stickstoff, bei Salpeterdüngung aber bis 14·50 Kilo vom Hektar Boden hinweggeführt werden, und da wir im Durchschnitt 20 Zoll Regenhöhe haben, von denen ich nur die Hälfte als durch den Untergrund abfließend, die andere als durch die Pflanzen und durch die Sanddecke verdunstend annehme, so können wir bei der großen Menge löslicher Stickstoffverbindungen mindestens 300 Kilo Stickstoff per Hektar rechnen, die jährlich verloren gehen[2]), und zwar lediglich durch die Cultur, denn die rohen Moore haben wenig oder gar keine Abzugskanäle für die Grundwässer.

Erwägt man diesen großen jährlichen Verlust, so gelangt man zu der Ueberzeugung, daß trotz des momentanen Mindergehalts der einzelnen Culturdämme im Vergleich zu dem rohen Moore dennoch eine Ansammlung von löslichen Stickstoffverbindungen stattgefunden hat; denn in den beiden ältesten ist der ursprüngliche Gehalt schon ziemlich wieder erreicht, während bei Damm III noch ein bedeutendes Minus vorhanden ist, hier hat sich in den zwei Jahren noch nicht wieder so viel bilden können, als durch die Entwässerung entführt und durch die Ernten verbraucht ist; daß aber mit der Zeit auch hier ein Ueberfluß eintreten wird, geht aus allem Vorhergesagten deutlich hervor.

Die tiefer als ein Meter liegenden Schichten, der untere Schlick und der darunter befindliche Sand sind ebenfalls sehr stickstoffreich, und zwar im Verhältniß zur organischen Substanz; man findet aber auch hier die höchsten Procent-

1) Der Sand kommt hier in Wegfall, es wird eine reine Moorschicht von einem Meter Mächtigkeit gerechnet.

2) Außer Betracht bleiben die wenigen Kilo Stickstoff, die dem Boden durch die atmosphärischen Niederschläge wieder zugeführt werden.

sätze des löslichen Stickstoffs vom Gesammtstickstoff, und läßt sich dies auf die Eigenschaften der Sickerwässer, löslichen Stickstoff nach der Tiefe zu leiten, zurückführen.

Mit der Zeit tritt in den Moorculturen des Herrn Rimpau eine Anhäufung von löslichen Stickstoffverbindungen ein, ohne daß eine Abnahme des Gesammtstickstoffs sich bemerkbar machte, gut ist es daher, öfter Culturgewächse anzubauen, die vielen Stickstoff verbrauchen. Stalldünger ist als Stickstoffdünger überflüssig, wenn nicht gar schädlich, und bereichert außerdem den Cultursand mit Humussubstanzen, ein Umstand, der bei der Rimpau'schen Methode gerade vermieden werden soll, und leicht eine neue und kostspielige Ueberdeckung mit Sand nothwendig machen könnte.

Die über das Moor gebreitete Sanddecke hat bekanntlich den Zweck, die junge Saat vor Nachtfrösten zu schützen, also die Wasserverdunstung und Wärmeausstrahlung zu vermindern, ferner das lockere, leicht vom Winde bewegliche Moor zu einem festen culturfähigen Medium zusammenzudrücken. Daß nun auch die Struktur des Sandes Einfluß auf die chemischen und physikalischen Vorgänge im Moor ausübt, ist sicher anzunehmen; das feinere Korn erschwert den Eintritt der Luft in das Moor, während das gröbere Korn ihn erleichtert; die Verdunstung wird bei dem feinen Korn eine viel größere sein als bei dem groben, und die hellere oder dunklere Farbe der Sande wird eine langsamere oder raschere Erwärmung und Wiederausstrahlung der Wärme zur Folge haben. — Um nun die Struktur der Sande kennen zu lernen, wurden mechanische Analysen derselben vorgenommen, deren Resultate auf Tabelle III. verzeichnet sind, und ersieht man daraus, daß die drei Cultursande wesentlich von einander abweichen in Betreff des Skelets und der Feinerde.

Der Sand vom Damme I ist sehr humusreich, daher fast schwarz gefärbt, und sehr feinkörnig, er enthält 73·80 pCt. Feinerde und 26·2 pCt. über 0·5 Mm. Durchmesser, Korn über 1 Mm. Durchmesser ist darin nicht enthalten. Wesentlich verschieden von diesem sind die Sande der beiden anderen Dämme, welche ziemlich viel grobes Korn und bedeutend weniger organische Substanzen enthalten. Der Sand vom ältesten Damme wird daher die Wasserverdunstung aus dem darunter befindlichen Moore beschleunigen und dieses trockner erhalten, seine dunkle Farbe wird eine rasche Erwärmung, aber auch raschere Abkühlung zur Folge haben, während bei den beiden anderen Sanden die Vorgänge sich in umgekehrter Weise gestalten werden; dadurch werden aber auch die chemischen Vorgänge in und unter dem Sande verschiedene sein.

In wie weit das Korn der Sande Einfluß auf die Zusammensetzung der darunter liegenden Schichten ausgeübt, und ob der Sand als solcher noch andere Eigenschaften besitzt, z. B. die mineralischen Nährstoffe zurückzuhalten und dadurch eine Anhäufung herbeizuführen, oder deren Form wesentlich zu verändern, wird die Gesammtanalyse ergeben; auch wird sich daraus ersehen lassen, ob das Korn der Sande Veränderungen erlitten hat, denn der Sand unterhalb des Moores

Tabelle III.

Korn der Sande.

	über 6·0 Millim.	über 3·0 Millim.	über 2·0 Millim.	über 1·5 Millim.	über 1·0 Millim.	über 0·5 Millim.	unter 0·5 Millim.
I. 1) Cultursand . . . . . Damm zwölf Jahre in Cultur; der Cultursand von Humussubstanzen fast schwarz gefärbt.	—	—	—	—	—	26·2	73·80
7) Sand unter dem Moor	5·40	12·20	4·90	2·00	4·90	29·50	41·10
II. 1) Cultursand . . . . . Damm neun Jahre in Cultur; bedeutend weniger Humussubstanzen.	7·5	6·20	2·20	0·80	1·90	26·70	54·70
6) Sand unter dem Moor	5·50	6·10	3·90	2·00	3·70	29·70	49·10
III. 1) Cultursand . . . . . Damm zwei Jahre in Cultur; humusarm	0·90	1·40	1·80	0·60	1·10	6·60	87·60
6) Sand unter dem Moor	0·50	0·70	0·60	0·10	0·40	2·30	95·40
IV. 5) Sand unter dem Moor . . . . Torfstich.	1·20	3·10	4·10	3·00	9·30	55·50	23·80
V. 6) Sand unter dem Moor . . . . noch nicht vollständig entwässertes Moor.	3·20	5·70	2·90	1·40	2·20	32·20	52·40

ist durchgehends grobkörniger; es wäre ja möglich, daß sich die darin vorhanden gewesenen Gesteinstrümmer mit der Zeit zersetzt hätten. Wäre dieses aber nicht der Fall, so würde der Beweis vorliegen, daß die Rimpau'schen Culturen mit Sand von verschiedener Beschaffenheit durchzuführen sind. Freilich dürfte ein gewisses grobes Korn immer als Grundbedingung des Gelingens zu bezeichnen sein, da der feinere Sand zu dicht und zu leicht beweglich ist.

Dies Alles wird in einer nächstens erscheinenden Abhandlung: „Ueber Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Cunrauer Moore und Sande durch die Cultur" zu erörtern gesucht werden.

IV.

Ueber die Bildung freier Schwefelsäure und löslicher Eisenoxydul-Verbindungen in der Moorsubstanz.

Von

W. Thilo Oßwald.

Während bei den Cunrauer Culturen ein zu üppiges Wachsthum der Pflanzen zu beklagen war, wofür uns die chemische Analyse die Gründe anzeigte, und zugleich die Mittel an die Hand gab, diesem entgegenzuarbeiten, haben wir es in Folgendem mit der entgegengesetzten Erscheinung zu thun: einem gänzlichen Versagen der Vegetation. Es soll versucht werden, auch hierfür eine Erklärung zu finden, und womöglich Abhülfe zu verschaffen.

In dem Moore der von Ohlendorff'schen Güter in Gresse bei Boizenburg sind Dammculturen nach Rimpau'scher Methode ausgeführt worden, welche gleich im ersten Jahre merkwürdige Erscheinungen beobachten ließen. Die Saat (Hafer) lief nur auf zwei Dämmen auf, bei den anderen Dämmen lagen die Körner gekeimt im Boden, und von den aufgelaufenen ging die Saat des einen Dammes sehr bald wieder ein, während die des anderen das Ende der Vegetation erreichte, aber nur wenig und schlechte Körner lieferte; das Stroh war normal.

Die von Herrn Administrator Jordan eingeschickten Proben von Sanden und Mooren dieser Dämme reagirten Alle sauer, einige Sande sogar sehr sauer, auch zeigten in dem Sande vorkommende, zusammengeballte Massen im Innern eine grünliche Färbung, welche auf vorhandenes Eisenoxydul schließen ließ. Die Wasserauszüge gaben denn auch fast sämmtlich mit rothem Blutlaugensalz die charakteristische Eisenoxydulreaktion.

Das Vorhandensein von löslichen Eisenoxydulverbindungen konnte also hier die Ursache des Versagens der Vegetation sein, und die theilweise sehr saure Reaktion ließ freie Säuren vermuthen, und in Folge davon Mangel an Kalk.

Da die schädlichen Bestandtheile, welche hauptsächlich in den Sanden nachgewiesen wurden, leicht aus den darunter befindlichen Mooren hineingelangt sein konnten, so wurden Sand und Moorproben untersucht, und zwar wurden zur Analyse folgende Proben gewählt.

1) Sand und Moor von der einen Hälfte des Dammes Nr. I, auf welcher die Saat gut aufgelaufen und bis zu Ende gediehen war.

2) Sand und Moor von der anderen Hälfte des Dammes Nr. I, auf der die Vegetation versagt hatte.

3) Sand und Moor von Damm Nr. II, auf dem die Saat zwar aufgelaufen, aber bald darnach wieder eingegangen war.

4) Sand und Moor vom Damm Nr. III, auf dem die Vegetation versagt hatte.

5) Sand und Moor von einem eben fertiggestellten Damme ohne Saat.

Tabelle I.

In hundert Theilen Trockensubstanz sind enthalten:		Organisch.	Mineral.	In Alkohol lösliche freie Schwefelsäure.	In Wasser löslich.	
					Eisenoxydul und Eisenoxyd als Oxyd bestimmt.	Schwefelsäure.
Sand von Möckern.	Reaktion sauer, Eisenoxydul und Schwefelsäure im wässrigen Auszug nachweisbar	1·041	98·959	0·0347	0·0401	0·0619
Sand von Gresse.	Damm I. Saat gut aufgelaufen, Reaktion schwach sauer. Eisenoxydul im wässrigen Auszug nicht nachzuweisen, dagegen Schwefelsäure .	5·447	94·553	0·0035	0·0128	0·0193
„ „ „	Damm I. Saat nicht aufgelaufen, Reaktion sauer, Eisenoxydul und Schwefelsäure im wässrigen Auszug nachzuweisen	1·461	98·539	0·0396	0·0308	0·0758
„ „ „	Damm II. Reaktion sauer. Saat erst aufgelaufen, dann wieder eingegangen, Eisenoxydul und Schwefelsäure im wässrigen Auszug vorhanden	0·556	99·444	0·0215	0·0152	0·0644
„ „ „	Damm III. Saat nicht aufgelaufen, Reaktion sauer, Eisenoxydul und Schwefelsäure im wässrigen Auszug vorhanden	0·581	99·419	0·0344	0·0502	0·0533
„ „ „	Damm IV. Eben fertig gestellt, ohne Saat (sehr schwach sauer). Eisenoxydul und Schwefelsäure sehr schwache Reaktion	0·468	99·532	0·0043	0·0100	0·0085
„ „ „	Damm V. noch in Arbeit (sehr schwach sauer). Eisenoxydul und Schwefelsäure kaum nachzuweisen	0·823	99·177	0·0026	0·0100	0·0154
Moor von Möckern.	Reaktion sauer.	53·00	47·00	0·005	0·1403	0·9187
Moor von Gresse.	Damm I. Saat gut aufgelaufen, Reaktion sauer.	84·21	15·79	0·008	—	0·2076
„ „ „	Damm I. Saat nicht aufgelaufen. Reaktion sauer.	84·67	15·33	0·0073	—	0·470
„ „ „	Damm II. Saat erst aufgelaufen, dann wieder eingegangen. Reaktion sauer	81·755	18·245	0·0066	—	0·7879
„ „ „	Damm III. Saat nicht aufgelaufen, Reaktion sauer.	82·859	17·141	0·011	—	0·6168
„ „ „	Damm IV. eben fertig gestellt, ohne Saat. Reaktion sauer	86·566	13·434	0·0144	—	0·2847
„ „ „	Damm V. noch in Arbeit. Reaktion sauer	82·699	17·301	0·0036	—	0·2960

Tabelle I.

In 30 pCt. Salzsäure löslich.		In kalter concentrirter Salzsäure löslich.				In der Schmelze.				
Eisenoxydul.	Eisenoxyd.	Eisenoxyd.	Kalk.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Eisenoxyd.	Kalk.	Schwefelsäure.	Schwefel als Schwefelwasserstoff mit 2 pCt. Schwefelsäure ausgetrieben.	Schwefel nach Abzug der in conc. Salzsäure löslichen Schwefelsäure.
0·16	0·515	0·607	0·105	0·0826	0·163	1·184	0·582	0·420	0·000289	0·135
0·153	0·244	0·651	0·1179	0·0264	0·235	1·805	0·533	0·885	0·000164	0·343
0·071	0·388	1·028	0·0976	0·1070	0·525	1·666	0·514	0·591	0·000296	0·193
0·107	0·505	0·7154	0·0862	0·1027	0·131	1·44	0·182	0·559	0·000162	0·182
0·106	0·218	0·4869	0·0752	0·0895	0·0627	0·783	0·100	0·522	0·000289	0·173
0·0991	0·2554	0·475	0·095	0·0429	0·015	1·182	0·261	1·002	0·000325	0·383
0·0857	0·3709	0·526	0·141	0·0155	0·015	1·343	0·141	0·425	0·000375	0·164
0·3104	8·618	10·408	3·502	1·358	0·666	18·243	5·613	5·62	0·001571	1·705
0·3542	0·982	1·938	5·205	0·471	0·058	4·347	8·812	3·536	0·000827	1·226
0·4024	1·328	2·172	4·628	0·813	0·070	3·18	4·842	3·749	0·000908	1·174
0·4774	0·9316	2·005	7·595	1 140	0·168	3·040	8·534	4·244	0·001656	1·229
0·5045	1·567	1·984	5 257	1·136	0·090	2·77	5·413	3·754	0·001479	1·047
0·421	0·5012	1·347	4·823	0·699	0·100	1·949	4·957	4·659	0·001283	1·584
0·3223	1·193	1·726	4·547	0·703	0·119	2·442	4·895	2·826	0·00257	0·849

6) Sand und Moor von einem noch in Arbeit befindlichen Damme.

Außerdem noch:

7) Sand und Moorproben von Möckern, welche ein ähnliches Verhalten gezeigt hatten.

Bei der chemischen Analyse wurde hauptsächlich auf die Formen der Schwefel- und Eisenverbindungen und auf die Menge des vorhandenen Kalks Rücksicht genommen. Mit Alkohol wurde die freie Schwefelsäure ausgezogen.

Im wässerigen Auszug wurde lösliches Eisenoxydul und Schwefelsäure bestimmt. Der in Form von Schwefelalkalien, einfach Schwefeleisen oder freiem Schwefelwasserstoff vorhandene Schwefel wurde mit zweiprozentiger Schwefelsäure ausgekocht, in titrirter Silberlösung aufgefangen und die überschüssige Silberlösung mit Kochsalzlösung zurücktitrirt[1]).

Mit 30 pCt. Salzsäure wurde das Eisenoxydul und Eisenoxyd ausgezogen, die Trennung beider wurde mit kohlensaurem Baryt bewirkt. Bei den Sanden, bei denen keine organische Substanz mit in Lösung ging, wurde zur Kontrole der ersteren Methode das Eisenoxydul mit 20 pCt. Schwefelsäure ausgezogen und mit Chamäleonlösung titrirt. Die Richtigkeit der ersten Methode wurde durch die Resultate der zweiten constatirt. Sämmtliche Operationen beider Methoden wurden in einer Kohlensäureatmosphäre ausgeführt.

In dem Auszug mit concentrirter Salzsäure wurde Eisenoxyd, Kalk, Schwefelsäure und lösliche Kieselsäure bestimmt, also etwa noch ungelöstes Eisenoxyd der früheren Auszüge, und Eisen, welches in Form von Eisensesquisulfuret vorhanden sein konnte, dann schwefelsaurer und kieselsaurer Kalk.

Und in der Schmelze fand man die gesammten Mengen von Schwefelsäure, Eisenoxyd und Kalk; das wäre Eisen, welches in Form von Wasserkies und Schwefel, der in derselben Verbindung oder als freier Schwefel zugegen, und Kalk mit Kieselsäure verbunden.

Bei allen Bestimmungen, in welchen das Eisen als Oxyd durch Kochen mit essigsaurem Natron ausgefällt wurde, war es nöthig, die organische Substanz vollständig zu zerstören, da dieselbe zumal bei den Moorauszügen bis 75 pCt. des Eisens in Lösung hielt.

Der Kalk wurde mit oxalsaurem Ammoniak ausgefällt und als Aetzkalk bestimmt.

Daß sehr eisenreiche Proben vorlagen, konnte man schon aus dem Aussehen der Aschen schließen, und es wurde daher gleich mit den in Wasser löslichen Eisenverbindungen begonnen.

In den Mooren von Gresse waren in den wässerigen Auszügen keine Eisensalze nachzuweisen.

---

1) Gegenbestimmungen, in welchen das Schwefelsilber abfiltrirt und bestimmt, das abfiltrirte salpetersaure Silber als Chlorsilber gefällt und gewogen wurde, ergaben gleiche Resultate.

In 100,000 Theilen Trockensubstanz enthalten:

Sand von Damm I kulturfähig	12·80	Theile Eisenoxydul
„ „ „ I kulturunfähig	30·80	„ „
„ „ „ II Saat erst aufgelaufen dann wieder eingegangen	15·20	„ „
„ „ „ III kulturunfähig	50·20	„ „

Der Sand vom kulturfähigen Damme Nr. I hat demnach am wenigsten lösliches Eisenoxydul, nach ihm kommt der Damm II auf dem die Vegetation wieder eingegangen ist, die kulturunfähigen Dämme enthalten bedeutend mehr, sämmtliche Zahlen bleiben aber in den Hundertstelprocenten, und würden den Procentsatz der löslichen Eisenoxydulsalze, welche im Stande sind, die Vegetation unmöglich zu machen, gegen die von Völcker in Hoffmann's Jahresbericht angegebenen bedeutend herabstellen, denn dieser läßt erst bei einem Eisenoxydulgehalt von 0·5 pCt. die Vegetation aufhören.

Doch darf man noch keine voreiligen Schlüsse ziehen, und erst die weiteren Bestandtheile der Proben näher ins Auge fassen.

Der größere Gehalt einzelner Dämme an löslichen Eisenoxydulverbindungen bei fast gleichem Eisengehalt der Aschen läßt sich nur in einer weiter vorgeschrittenen Umsetzung der Eisenverbindungen suchen, denn in dem noch in Arbeit befindlichen und dem eben fertiggestellten Damme ist die Menge des vorhandenen löslichen Eisenoxyduls eine viel geringere, sie geht nicht über ein Hundertstelprocent hinaus, es hat demnach die durch die Bearbeitung herbeigeführte bessere Durchlüftung wesentlich zur Zersetzung der Eisenverbindungen beigetragen.

Die Auszüge der einzelnen Proben mit 30 pCt. Salzsäure oder 20 pCt. Schwefelsäure zeigen einen weit höheren Gehalt an Oxydul an als die Wasserauszüge.

Denn es sind enthalten in 100,000 Theilen Trockensubstanz:

Sand von Damm I kulturfähig . .	153·00	Theile Eisenoxydul
„ „ „ I kulturunfähig .	71·00	„ „
Moor „ „ I kulturfähig . .	354·20	„ „
„ „ „ I kulturunfähig .	402·40	„ „

Der Sand des kulturfähigen Dammes enthält doppelt soviel Oxydul als der des kulturunfähigen, die Moorproben haben ziemlich gleichen Gehalt, daraus ersieht man, daß das in Wasser unlösliche Oxydul den Pflanzen nicht nachtheilig ist, es zeigt aber immer einen Sauerstoffmangel im Boden an. Das Moor und die Sande der anderen bestellten Dämme und die der neu angelegten verhalten sich den erwähnten ziemlich gleich, es ist demnach in dem Oxydulgehalt Aller kein wesentlicher Unterschied wahrzunehmen.

Die Proben von Möckern sind von den Andern etwas verschieden, die freie Schwefelsäure ist zwar nicht höher, auch das in Wasser lösliche Oxydul des Sandes ist dem der anderen Sande gleich, aber das Moor macht hier eine Aus-

nahme, es enthält in 100,000 Theilen 140·0 Theile in Wasser lösliches Eisenoxydul, während in sämmtlichen anderen Moorproben nichts nachgewiesen werden konnte. Ebenso wie im Oxydulgehalt sind sich die Dämme im Oxydgehalt einander ziemlich gleich, nur das sehr eisenreiche Moor von Möckern nimmt auch hier wieder eine Ausnahmestellung ein, denn es enthält fast sechsmal soviel in 30 pCt. Salzsäure lösliches Eisenoxyd als das an Oxyd reichste Moor von Damm III.

In 100,000 Theilen Trockensubstanz enthalten:

Moor von Damm III kulturunfähig	1567·0	Theile Eisenoxyd
„ „ Möckern	8618·0	„ „

In concentrirter Salzsäure ist mehr Eisenoxyd löslich, das Verhältniß der einzelnen Dämme in Betreff des Gehalts bleibt aber ziemlich dasselbe, als beim Auszug mit dreißigprocentiger Salzsäure.

In 100,000 Theilen Trockensubstanz enthalten:

Damm I Sand kulturfähig . .	651·0	Theile Eisenoxyd
„ I „ kulturunfähig .	1028·0	„ „
„ I Moor kulturfähig . .	1938·0	„ „
„ I „ kulturunfähig .	2172·0	„ „
Sand von Möckern	607·0	„ „
Moor „ „	10408·0	„ „

Zwischen dem kulturfähigen und kulturunfähigen Damme ist hier ein bemerkenswerther Unterschied, denn Sand und Moor des kulturfähigen Dammes enthalten wesentlich weniger Eisenoxyd als der kulturunfähige Damm. Das Moor von Möckern ist am reichsten daran.

Der Gesammteisenoxydgehalt ist kein allzu hoher, wenigstens bei den Proben von Gresse nicht.

In 100,000 Theilen Trockensubstanz enthalten:

Sand von Damm I kulturfähig . . .	1805·0	Theile Gesammteisenoxyd
„ „ „ I kulturunfähig . .	1666·0	„ „
„ „ „ II später kulturunfähig	1440·0	„ „
Moor „ „ I kulturfähig . . .	4347·0	„ „
„ „ „ I kulturunfähig . .	3180·0	„ „
„ „ „ II später kulturunfähig	3040·0	„ „
Sand von Möckern	1184·0	„ „
Moor „ „	18243·0	„ „

Die Dämme III, IV und V enthalten im Vergleich zu den Anderen noch weniger Eisenoxyd.

Anders sind die Verhältnisse in der Asche.

In 100 Theilen Asche sind enthalten:

Sand von Damm I kulturfähig . . .	1·908	pCt. Eisenoxyd
„ „ „ I kulturunfähig. . .	1·690	„ „
„ „ „ II später kulturunfähig	1·449	„ „
„ „ „ III kulturunfähig . .	0·786	„ „

Moor von Damm	I kulturfähig . . .	27·53	pCt. Eisenoxyd.
„ „ „	I kulturunfähig . .	20·743	„ „
„ „ „	II später kulturfähig .	16·716	„ „
„ „ „	III kulturunfähig . .	16·16	„ „
Sand von Möckern		1·196	„ „
Moor „ „		38·814	„ „

Das kulturfähige Moor und der dazu gehörige Sand enthalten am meisten Eisenoxyd sowohl in der Trockensubstanz wie in der Asche, das Eisen muß daher in diesen in einer sehr schwer löslichen Form vorhanden sein, denn im Salzsäureauszug waren die Proben dieses Dammes im Vergleich zu denen der anderen Culturdämme gerade am ärmsten daran. Wiederum ein Beweis, daß es nur die Form, ob löslich oder unlöslich, ist, die in Frage kommt. Dies mahnt zur Vorsicht bei Bodenanalysen, die oft ein ganz falsches Bild geben, wenn man nur die Gesammtbestimmung vornimmt, nicht aber die feineren Verhältnisse in Betreff der Löslichkeit berücksichtigt.

Es dürfte hier am Platze sein, die Löslichkeitsverhältnisse des Eisens in den verschiedenen Lösungsmitteln zu besprechen.

Von 100,000 Theilen Gesammteisen sind als Oxydul in Wasser löslich:

Sand von Damm	I kulturfähig . . .	709·0	Theile Eisen als Oxydul
„ „ „	I kulturunfähig . .	1848·0	„ „ „ „
„ „ „	II später kulturunfähig	1055·0	„ „ „ „
„ „ „	III kulturunfähig . .	6411·0	„ „ „ „

Bei fast gleichem Eisengehalt der Trockensubstanz ist die Menge des löslichen Eisenoxyduls in dem Sande des kulturunfähigen Dammes über doppelt so groß als in dem Sande des kulturfähigen und bei Damm III ist bei sehr niedrigem Eisengehalt der Asche dieselbe eine ungeheure zu nennen, wie sie nicht leicht beobachtet wird.

Die Procente des Gesammteisens in den anderen Lösungen sind auf der Tabelle Nr. II verzeichnet und bleiben, als den Pflanzen nicht direkt schädlich, außer Betracht. (s. S. 398.)

Wenden wir uns nun zum Schwefel und dessen Formen.

In 100,000 Theilen Trockensubstanz sind enthalten:

Sand von Damm	I kulturfähig . . .	885·0	pCt. Gesammtschwefelsäure
„ „ „	I kulturunfähig . .	591·0	„ „
„ „ „	II später kulturunfähig	559·0	„ „
Moor „ „	I kulturfähig . . .	3536·0	„ „
„ „ „	I kulturunfähig . .	3749·0	„ „
„ „ „	II später kulturunfähig	4244·0	„ „
Sand von Möckern		420·0	„ „
Moor „ „		5620·0	„ „

Der Sand des kulturfähigen Dammes enthält mehr Gesammtschwefelsäure als der des kulturunfähigen, und der Gehalt der Moorarten an dieser ist auch

Tabelle II.

	Sand von Möckern.	Sand von Gresse		
		Damm I gut aufgelaufen.	Damm I nicht aufgelaufen.	Damm II erst aufgelaufen, dann eingegangen.
Gesammtschwefel in der Asche	0·169	0·377	0·239	0·224
Procente desselben als:				
Freie Schwefelsäure (Alkoholauszug)	8 26	0·039	6·73	3·846
In Wasser lösliche Schwefelsäure	14·738	2·169	12·791	11·520
In concentrirter Salzsäure lösliche Schwefelsäure	19·666	2·983	18·104	18·372
Als Schwefelwasserstoff	0·0687	0·0185	0 0500	0·0289
Als freier Schwefel oder Schwefelkies i. d. Schmelze nach Abzug des Schwefels im concentrirten Salzsäureauszug	80·334	97·017	81·896	81·628
Gesammteisenoxyd in der Asche	1·196	1·908	1·690	1·449
Procente desselben als:				
Eisenoxydul und Eisenoxyd in Wasser löslich	3·386	0·709	1·848	1·055
Eisenoxydul in 30 pCt. Salzsäure löslich	15·014	9·418	4·729	8·264
Eisenoxyd in 30 pCt. Salzsäure löslich	43·496	13 518	23·281	35·07
Eisenoxyd in concentrirter Salzsäure löslich	51·266	36·066	61·704	49·68
Eisenoxyd als solches oder als Schwefelkies in der Schmelze nach Abzug des in concentrirter Salzsäure löslichen	48·734	63·934	38·296	50·32

nicht sehr verschieden, er beträgt im ungünstigsten Falle bei dem Moore von Möckern 5·62 pCt. Dies ist aber eine Zahl, die auch bei anderen Bodenarten vorkommt; die sehr ertragfähigen Cunrauer Moore enthalten über 3·0 pCt. Schwefelsäure in der Trockensubstanz.

Betrachtet man aber die Formen des Schwefels, so tritt gleich ein Unterschied zu Tage.

Alle Proben reagirten sauer, hauptsächlich aber die Sande, auf welche die jungen Pflanzen in ihrer ersten Lebensperiode fast ausschließlich angewiesen sind. Dies ließ auf vorhandene freie Schwefelsäure schließen.

Es enthielten im Alkoholauszug in 100,000 Theilen Trockensubstanz:

Tabelle II.

bei Boitzenburg			Moor von Möckern.	Moore von Gresse bei Boitzenburg					
Damm III nicht aufgelaufen.	Damm IV nicht bestellt.	Damm V noch in Arbeit.		Damm I gut aufgelaufen.	Damm I nicht aufgelaufen.	Damm II erst aufgelaufen, dann eingegangen.	Damm III nicht aufgelaufen.	Damm IV nicht bestellt.	Damm V noch in Arbeit.
0·210	0·402	0·171	4·779	8·957	9·782	9·304	8·760	16·12	6·533
6·590	0·429	0·611	0·088	0·226	0·194	0·153	0·293	0·244	0·128
10·210	0·848	3·623	16·334	5·871	12·536	18·565	16·430	6·110	10·474
17·145	4·271	3·647	24·164	13·320	21·685	26·861	30·261	15·003	24·876
0·0553	0·0324	0·0882	0·0279	0·0233	0·0242	0·0390	0·0394	0·0279	0·0909
82·855	95·729	96·353	75·836	86·68	78·315	73·139	69·739	84·997	75·124
0·786	1·187	1·354	38·814	27·530	20·743	16·716	16·160	14·508	14·114
6·411	0·846	0·745	0·769	—	—	—	—	—	—
15·031	9·303	7·090	1·890	9·052	14·06	17·434	20·234	23·996	14·664
27·841	21·607	28·361	47·240	22·590	41·761	30·644	56·570	25·715	48·853
62·185	40·186	39·166	57·052	44·582	68·301	65·954	71·624	69·112	70·434
37·815	59·814	60·834	42·948	55·418	31·699	34·046	28·376	30·888	29·566

Sand von Damm I. kulturfähig . . . . . 3·50 Theile freie Schwefelsäure.
" " " I. kulturunfähig . . . . 39·60 " " "
" " " II. später kulturunfähig . 21·50 " " "
Moor von Damm I. kulturfähig . . . . 8·00 " " "
" " " I. kulturunfähig . . . . 7·30 " " "
" " " II. später kulturunfähig . 6·60 " " "
Sand von Möckern . . . . . 34·70 " " "
Moor " " . . . . . 5·00 " " "

In dem Culturſande des kulturunfähigen Dammes ist der Gehalt an freier Schwefelsäure über zehnmal so groß als in dem des kultur-

fähigen; der Damm, auf welchem die Saat zuerst aufgelaufen und dann wieder eingegangen war, steht zwischen beiden. Da nun die Pflanze die allerdings zu ihrer Ernährung nothwendige Schwefelsäure nur in Form von neutralen schwefelsauren Salzen aufzunehmen im Stande ist, jede andere weniger Sauerstoff enthaltende Schwefelverbindung aber, sowie auch freie Schwefelsäure nachtheilig auf ihre Entwickelung einwirken, so läßt sich das Versagen der Vegetation, wenn man das lösliche schwefelsaure Eisenoxydul mit der freien Schwefelsäure zusammen als schädlich wirkend annimmt, sehr leicht erklären.[1])

In den Wasserauszügen bleibt nach Abzug der Schwefelsäure für das Eisenoxydul noch eine bedeutende Menge derselben übrig. Die Schwefelsäure sowohl wie das Eisenoxydul können aber nur durch Zersetzung von Schwefelkies entstanden sein, und dieser kommt ja in allen Moorarten fast ohne Ausnahme vor.

Die Zersetzung dürfte nach der von Dettmer in seinem Buch: „Die wissenschaftlichen Grundlagen der landwirthschaftlichen Bodenkunde" angeführten Formel

$$FeS_2 + 8H_2O + 7O = FeSO_4 + 7H_2O + H_2SO_4$$

stattgefunden haben, wonach also aus Schwefelkies in feuchter Luft sich schwefelsaures Eisenoxydul und freie Schwefelsäure bildet.

Da nun bei gleichem Gesammtgehalt die Prozente des löslichen Eisenoxyduls und der freien Schwefelsäure in den kulturunfähigen Sanden wesentlich höher sind als in den kulturfähigen, so muß man annehmen, daß durch äußere Einflüsse begünstigt in den ersteren eine raschere Zersetzung stattgefunden hat, als in den letzteren. Dafür spricht auch der Gehalt an leicht zersetzbaren Schwefelverbindungen beziehentlich an freiem Schwefelwasserstoff.

In 100,000 Theilen Trockensubstanz sind enthalten:

	Theile Schwefel in Form von Schwefelwasserstoff:
Sand von Damm I. kulturfähig	0·164
„ „ „ I. kulturunfähig	0·296
„ „ „ II. erst kulturfähig	0·162
Moor von Damm I. kulturfähig	0·827
„ „ „ I. kulturunfähig	0·908
„ „ „ II. erst kulturfähig	1·656
Sand von Möckern	0·289
Moor von Möckern	1·571

Der Sand von Damm I. kulturunfähig enthält fast noch einmal so viel als der des kulturfähigen Dammes. Der Gehalt der Moore ist ebenfalls verschieden; auch hier hat das kulturfähige Moor den wenigsten Schwefelwasserstoff.

Daß der Schwefelwasserstoff ebenfalls ein Zersetzungsprodukt des Schwefelkieses ist, ist bereits erwähnt. Durch Einwirkung von kohlensaurem oder humus-

1) Neben dem an und für sich hohen Gehalt an freier Schwefelsäure können noch saure schwefelsaure Salze vorhanden sein, die ebenfalls nachtheilig wirken.

saurem Kalk entsteht unlösliches kohlensaures oder humussaures Eisenoxydul, schwefelsaurer Kalk und Schwefelwasserstoff. Dieser letztere kann nun mit vorhandenem Eisenoxyd und Wasser Eisensesquisulfuret bilden, welches seinerseits in feuchter Atmosphäre in Eisenoxyd und Schwefel zerfällt.

Ob nun der mit zweiprocentiger Schwefelsäure ausgetriebene Schwefelwasserstoff in den Proben als solcher vorhanden gewesen, oder ob er aus Schwefelalkalien oder leicht zersetzbaren Schwefelverbindungen des Eisens, wie einfach Schwefeleisen oder Eisensesquisulfuret ausgetrieben worden ist, läßt sich nicht bestimmt angeben, doch glaube ich annehmen zu können, daß diese letzteren Schwefelverbindungen des Eisens nicht in erheblicher Menge vorhanden gewesen sind, denn sonst hätte beim Behandeln der Proben mit stärkeren Säuren auch verhältnißmäßig mehr Schwefelwasserstoff auftreten müssen, was aber nicht der Fall war. Da bei den in concentrirter Salzsäure gefundenen Mengen der Kalk eine wesentliche Rolle mitspielt, soll später darauf eingegangen werden.

Das Verhältniß der löslichen Schwefelverbindungen zur Gesammtschwefelsäure ist bei den einzelnen Proben sehr verschieden.

Auf 100,000 Theile Gesammtschwefel kommen Schwefel als freie Schwefelsäure:

	Theile Schwefel als freie Schwefelsäure:
Sand von Damm I. gut aufgelaufen	39·0
„ „ „ I. nicht aufgelaufen	6730·0
„ „ „ II. erst aufgelaufen, dann wieder eingegangen	3846·0
Moor von Damm I. gut aufgelaufen	226·0
„ „ „ I. nicht aufgelaufen	194·0
„ „ „ II. erst aufgelaufen, dann wieder eingegangen	153·0
Sand von Möckern	8260·0
Moor von Möckern	88·0

Der Unterschied zwischen den Sanden des kulturfähigen und kulturunfähigen Dammes ist ein ganz bedeutender, der Prozentsatz beträgt bei dem letzteren fast zweihundertmal soviel als bei dem ersteren; bei dem Sande von Möckern ist derselbe noch höher. Die Moore der verschiedenen Dämme verhalten sich ziemlich gleich. Die Oxydation geht demnach hauptsächlich in den Sanden vor sich, oder die Säure steigt durch Capillarität in denselben und wird hier durch Wasserverdunstung concentrirt.

Bei den wässrigen Auszügen treten uns fast dieselben Erscheinungen entgegen.

100,000 Theile Gesammtschwefel enthalten Schwefel als Schwefelsäure im Wasser löslich:

	Theile Schwefel als Schwefelsäure im Wasser löslich:
Sand von Damm I. kulturfähig	2169·0
„ „ „ I. kulturunfähig	12791·0
„ „ „ II. später kulturunfähig	11520·0

	Theile Schwefel als Schwefelsäure im Wasser löslich:
Moor von Damm I. kulturfähig	5871·0
„ „ „ I. kulturunfähig	12536·0
„ „ „ II. später kulturunfähig	18565·0
Sand von Möckern	14738·0
Moor von Möckern	16334·0

Auch hier ist der Unterschied zwischen dem kulturfähigen und kulturunfähigen Damme ein ziemlich beträchtlicher, bei den Sanden ist es die sechsfache Menge und bei den Mooren über das Doppelte des kulturfähigen Dammes. In dem Salzsäureauszuge wurde der Kalk bestimmt, da der Mangel an diesem leicht die erste Veranlassung des Versagens der Vegetation sein konnte; außer Kalk wurde aber auch Eisenoxyd, Schwefelsäure und etwa gelöste Kieselsäure bestimmt.

Bei den Sanden ist fast sämmtlicher Kalk an Kieselsäure gebunden. Die Schwefelsäure bleibt für das Eisenoxydul und als freie Säure übrig, während bei den Mooren nach Abzug des Kalks für die Schwefelsäure und Kieselsäure noch ein Rest von Kalk übrig bleibt.

In 100,000 Theilen Trockensubstanz sind enthalten:

	Kieselsaurer Kalk:	Schwefelsaurer Kalk:	Freier Kalk:	Freie Schwefelsäure:
Sand von Damm I. kulturfähig. . . .	sämmtlicher Kalk an Kieselsäure gebunden			26·4
„ „ „ I. kulturunfähig . .	„ „ „ „		„	107·0
„ „ „ II. später kulturunfähig	„ „ „ „		„	102·7
„ „ „ III. kulturunfähig . .	121·2	40·70	—	65·5
„ „ „ IV. eben fertig gestellt.	14·0	72·90	51·0	—
„ „ „ V. noch in Arbeit . .	29·0	26·50	116·0	—
Moor von Damm I. kulturfähig. . . .	112·0	683·0	4939·0	—
„ „ „ I. kulturunfähig. . .	135·0	1383·0	3993·0	—
„ „ „ II. später kulturunfähig	325·0	1940·0	6638·0	—
„ „ „ III. kulturunfähig . .	174·0	1931·0	4378·0	—
„ „ „ IV. eben fertig gestellt.	193·0	1188·0	4241·0	—
„ „ „ V. noch in Arbeit . .	230·0	1180·0	3959·0	—
Sand von Möckern	Kalk sämmtlich an Kieselsäure gebunden			82·60
Moor von Möckern	1287·0	2308·0	1931·0	—

Wie ist das Vorkommen von freier Schwefelsäure neben disponiblem Kalk zu erklären?

Daß kohlensaurer Kalk nicht vorhanden, war sicher anzunehmen, denn dieser würde sich sofort in Gyps umgesetzt haben. Es wurde auch in der That, nachdem die etwa vorhandene freie Kohlensäure durch einstündiges Kochen und Durchleiten von Luft ausgetrieben war, durch Kochen mit Salzsäure keine erheb-

iche Menge Kohlensäure gefunden. Kohlensaurer Kalk war demnach in keinem der Moore vorhanden. Die Aschen verhielten sich theilweise anders, in diesen wurde Kohlensäure nachgewiesen, wenn auch nicht soviel, um sämmtlichen Kalk als humussauren gelten lassen zu können. Doch da beim Verbrennen der organischen Substanz auch die Schwefelverbindungen Zersetzungen erleiden, ist es leicht möglich, daß schon ein Theil des gebildeten kohlensauren Kalks wieder zersetzt worden ist, auch kann Kieselsäure von zersetztem, kieselsaurem Kalk nicht mit in Lösung gegangen sein.

Der Kalk kann daher als humussaurer ganz gut neben freier Schwefelsäure vorkommen, er kann aber durch organische Materien, harzige oder ölartige Massen so eingehüllt sein, daß er vollständig wirkungslos wird.

Das Vorhandensein von freier Schwefelsäure und Eisenoxydul läßt sich daher nur dahin erklären, daß der Kalk nicht in leicht umsetzungsfähiger Form vorhanden ist, um dem Zersetzungsprozesse wirksam entgegen arbeiten zu können; ob dies in der Folge eintreten wird, ist zu bezweifeln; es ist in solchem Falle daher nothwendig, kohlensauren Kalko der Aetzkalk in das Moor einzupflügen oder auch nur mit dem Sande zu mischen, da in diesem durch die Concentration der Hauptsitz der Schwefelsäure ist. Dies ist bei den Mooren von Gresse mit weniger Kosten verknüpft, da gleich unter dem Moore des einen Dammes sich ein Mergellager von vier Fuß Mächtigkeit vorfindet, dessen chemische Zusammensetzung folgende ist:

In der Frischsubstanz:

Freie Kohlensäure	0·240
Wasser	7·00
Organische Substanz	11·79
Mineralbestandtheile	80·97
	100·0

In der Trockensubstanz:

Organische Bestandtheile	12·711
Unlöslicher Sand	0·981
Kohlensäure	36·836
Eisenoxyd und Thonerde	1·078
Lösliche Kieselsäure	0·948
Kalk	47·167
Schwefelsäure	1·952
Chlor	Spuren.
Magnesia	—
Alkalien	—
	101·673

oder umgerechnet:

Unlösliches	0·981
Organische Substanz	12·711
Kohlens. Kalk	83·718
Schwefels. Kalk	0·569
Schwefels. Eisenoxyd	2·700
Kiesels. Kalk	0·106
Lösliche Kieselsäure	0·893
	101·678

Das Mergellager wird höchstwahrscheinlich Alluvialgebilde sein, doch läßt sich dies nicht mit Bestimmtheit behaupten, da der Mergel eine humose, graue pulverige Masse ohne alle Leitfossilien darstellt; erst die Besichtigung an Ort und Stelle kann darüber Aufschluß geben.

Tabelle III.

Korn der Sande.

	über 6·0 Millim.	über 3·0 Millim.	über 2·0 Millim.	über 1·5 Millim.	über 1·0 Millim.	über 0·5 Millim.	unter 0·5 Millim.
Sand von Möckern — arm an Humussubstanzen.	—	1·265	5·090	5·648	9·673	48·25	30·074
Sand von Greffe. Damm I. — Saat gut aufgelaufen, humos.	0·905	3·235	4·710	5·939	12·495	47·291	25·425
Sand von Greffe. Damm I. — Saat nicht aufgelaufen.	0·743	2·875	8·845	11·094	20·095	45·745	10·613
Sand von Greffe. Damm II. — Saat erst aufgelaufen dann wieder eingegangen.	—	0·455	1·595	2·585	6·935	42·915	45·5 15
Sand von Greffe. Damm III. — Saat nicht aufgelaufen.	—	0·915	2·285	5·145	8·415	46·895	36·345
Sand von Greffe. Damm IV. — unbestellt.	—	0·335	1·969	3·188	10·580	56·914	27·014
Sand von Greffe. Damm V. — noch nicht fertig.	—	1·394	4·800	6·853	14·765	49·461	22·727

(arm an Humussubstanzen.)

Die groben Steine und organischen Substanzen wurden vorher ausgelesen.

Das Korn der Sande, welches auf beigefügter Tabelle verzeichnet, ist ein durchgehends gröberes als das der Gunrauer Sande, und wird in Folge dessen der Luft freieren Eintritt gestatten, und dadurch die Zersetzung der Schwefel-

verbindungen wesentlich fördern, was auch in der That der Fall ist, denn die Sande mit dem gröberen Korn enthalten mehr freie Schwefelsäure und lösliches Eisenoxydul, als die mit feinerem Korn. An und für sich ist der Sand aber zu den Culturen sehr geeignet.

Rückblick.

1) In den Cunrauer Culturen tritt mit der Zeit eine Anreicherung von löslichen Stickstoffverbindungen ein, ohne daß eine erhebliche, prozentische Abnahme des Gesammtstickstoffs zu bemerken ist.
2) Der Salpetersäuregehalt ist kein allzuhoher, dagegen tritt Ammoniak in bedeutenden Mengen auf.
3) Während die Salpetersäure in den unteren Schichten vorherrscht, finden wir das meiste Ammoniak in den oberen Schichten.
4) Die Sande werden durch die Cultur reicher an organischer Substanz. Da dies aber bei den Cunrauer Culturen vermieden werden soll, ist zu erwägen, ob nicht Stalldünger, ganz abgesehen von der durch denselben bewirkten schädlichen Stickstoffzufuhr, schon aus diesem Grunde principiell wegzulassen ist.
5) Die Culturen sind bei verschiedener Korngröße des Sandes ausführbar, es ist jedoch nothwendig, daß ein gewisses gröberes Korn darin vorhanden ist, da der feinere Sand zu leicht verweht wird, zu rasch austrocknet und den Luftzutritt zum Moore hemmt.
6) In den Bodenproben von Gresse und Möckern sind bedeutende Mengen freier Schwefelsäure und Eisenoxydul vorhanden, welche der Cultur schädlich sind.
7) Die schädlichen Bestandtheile finden sich hauptsächlich in den Sanden, können jedoch, im Moore entstanden, durch Capillarität hinaufgewandert, und durch Wasserverdunstung concentrirt sein.
8) Die gröberen Sande enthalten mehr freie Schwefelsäure und lösliches Eisenoxydul als die mit feinerem Korn.
9) Bei Bodenanalysen ist es nothwendig, hauptsächlich auf die Form des Eisens Rücksicht zu nehmen, da die kulturfähigen Bodenarten oft viel mehr Gesammteisen enthalten, als die kulturunfähigen.
10) Humussaurer Kalk kann neben freier Schwefelsäure sehr gut im Moore vorkommen, er kann in harzigen oder öligen Massen eingeschlossen, für die unter anderen Umständen eintretende Zersetzung der schädlichen Eisenverbindungen und der freien Schwefelsäure vollständig wirkungslos sein.

Druck von Gebr. Unger (Th. Grimm) in Berlin, Schönebergerstr. 17a.

Fig. III.

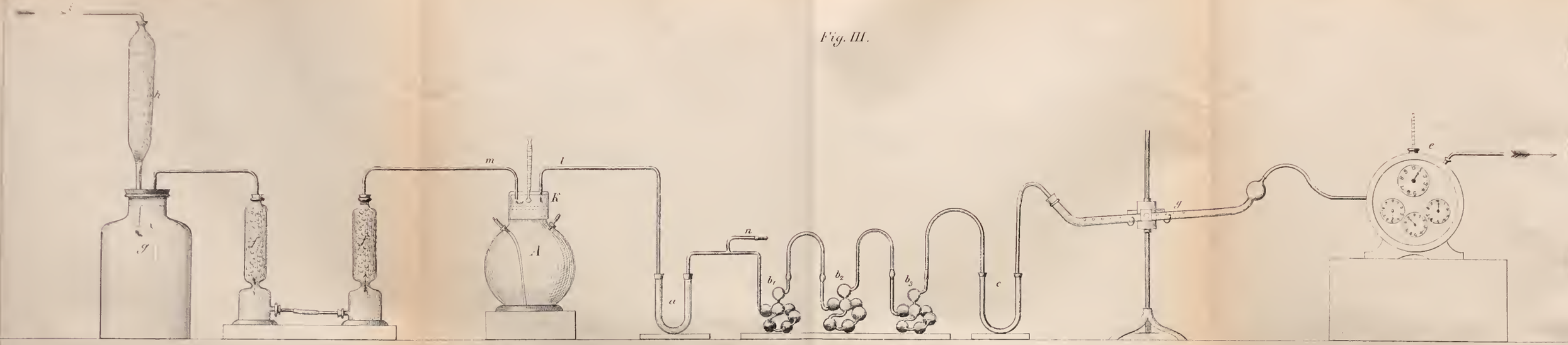


Fig. V.

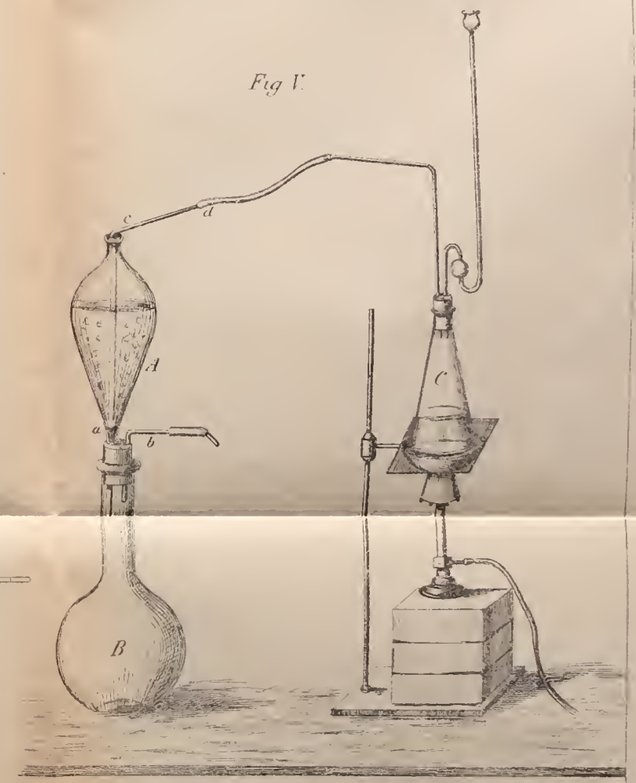


Fig. II.

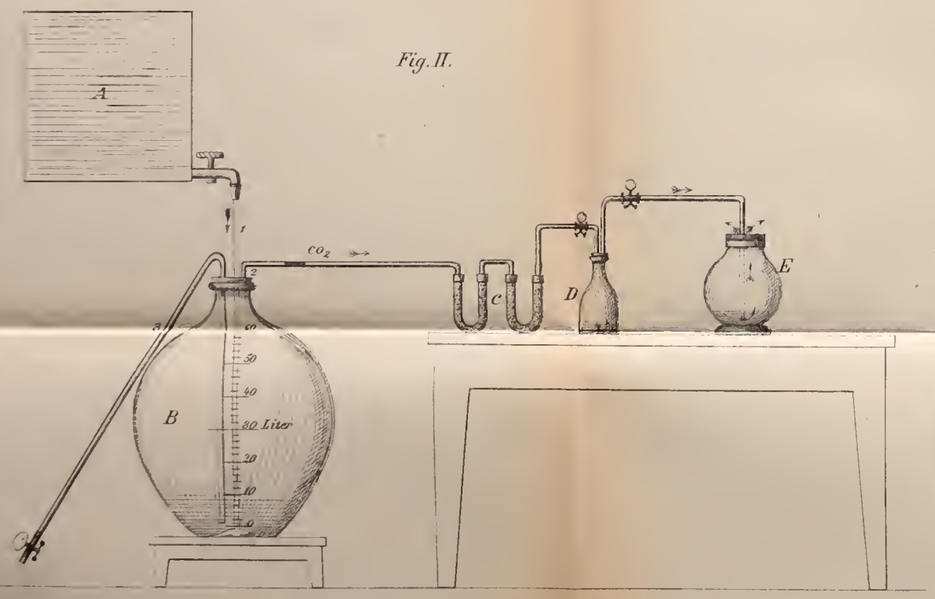


Fig. I.

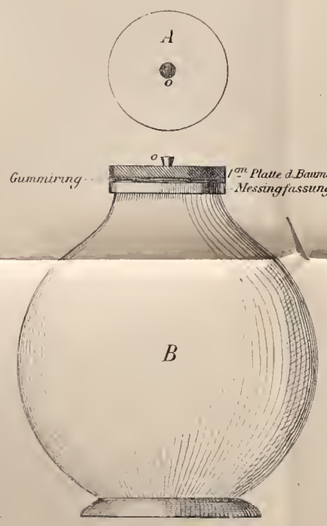
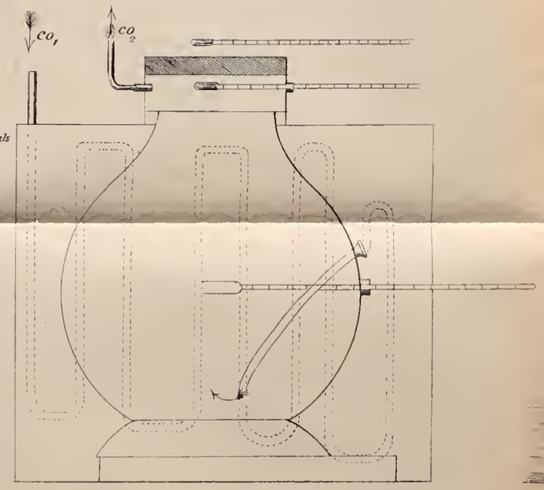
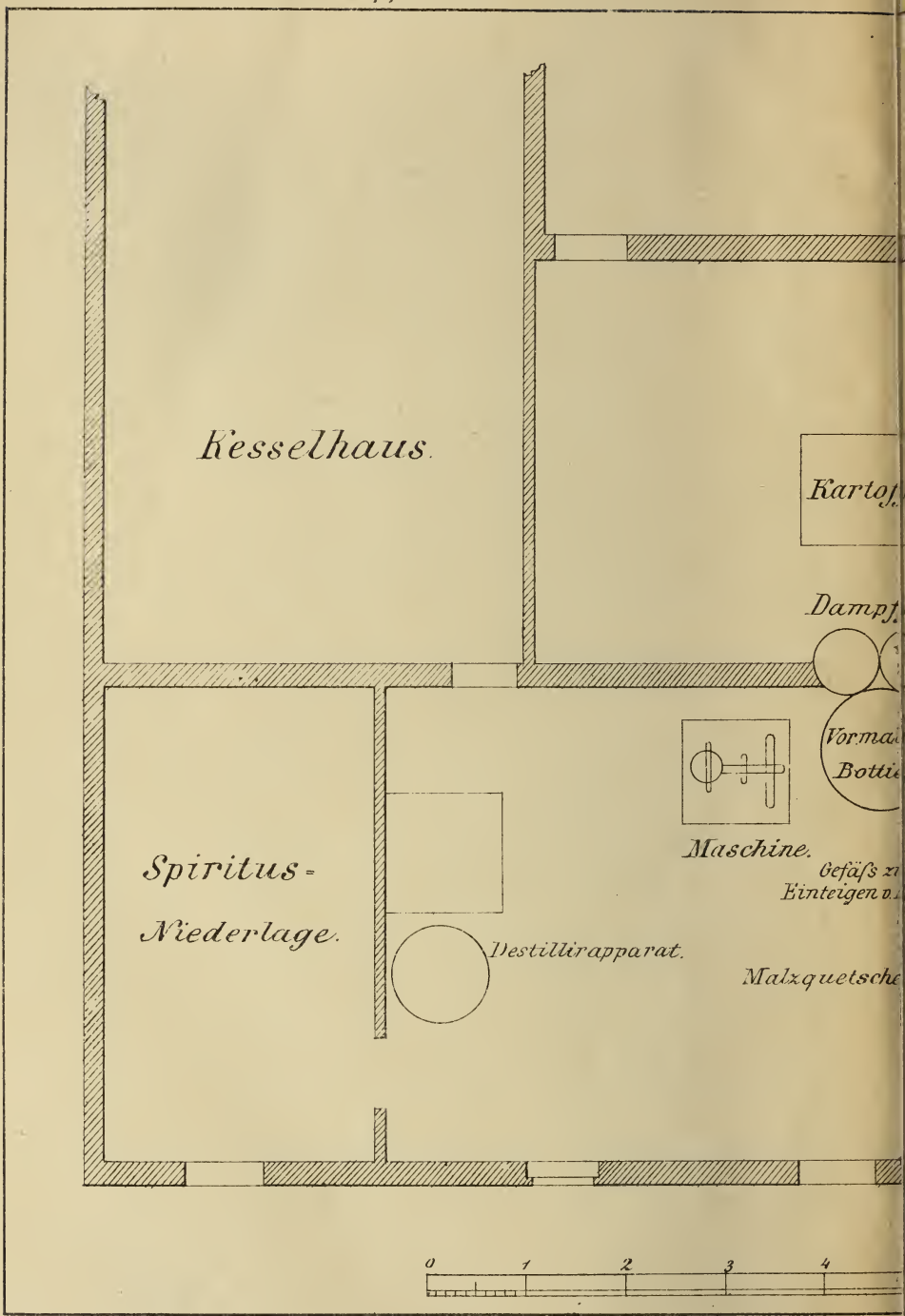


Fig. IV.



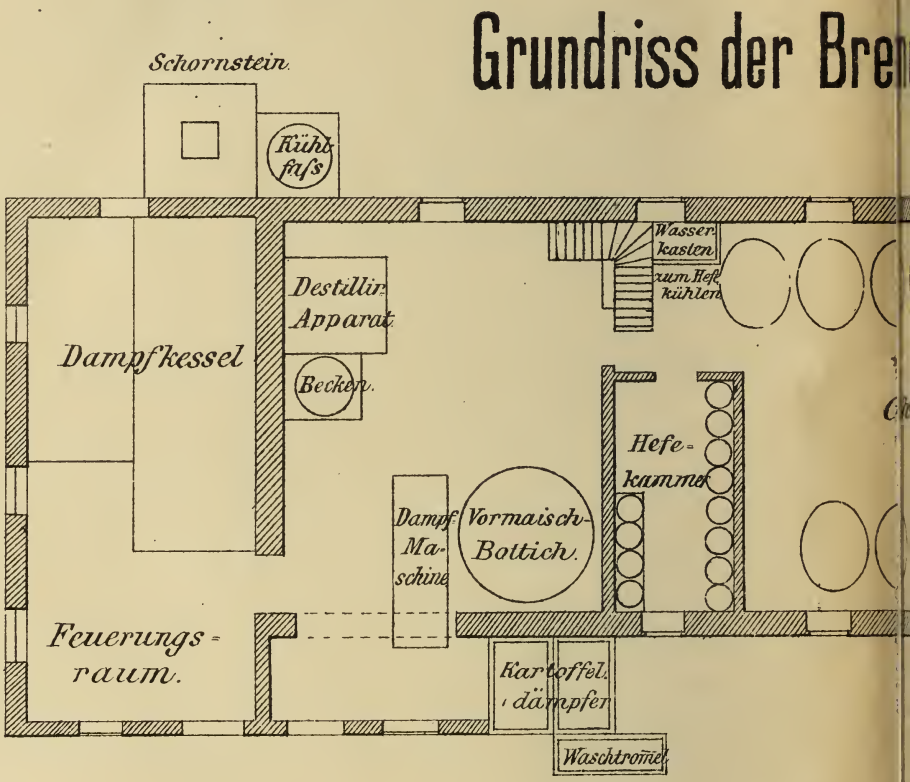
Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

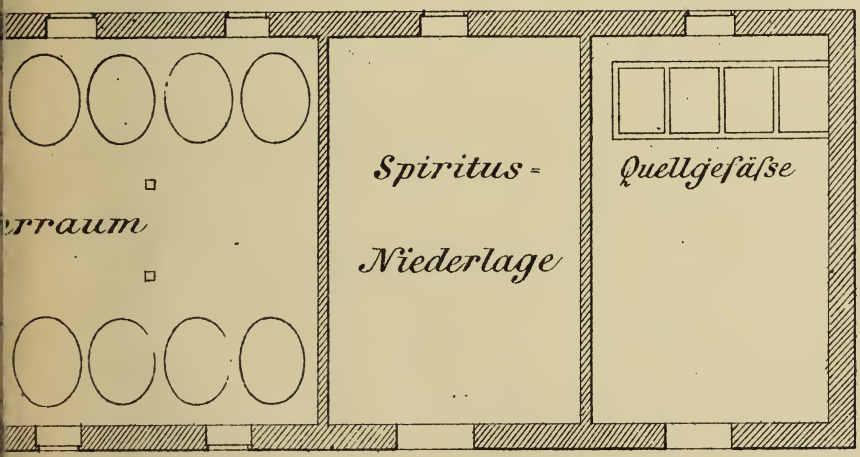
Grundriss der Brennerei in Nedlitz.

W. A Meyn lith



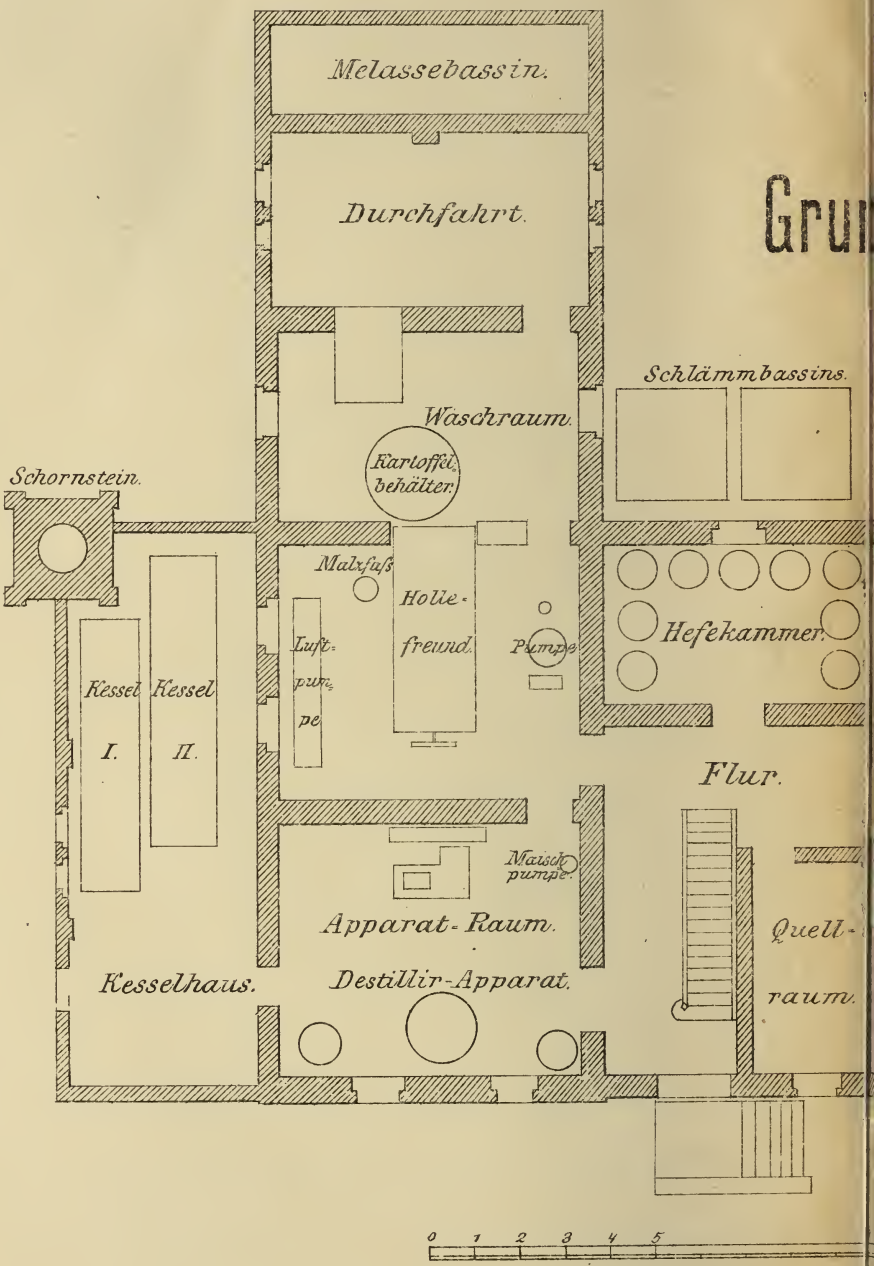
Verlag v. Wiegandt Hempel & Parey in Berlin.

erei zu Hohenziatz.



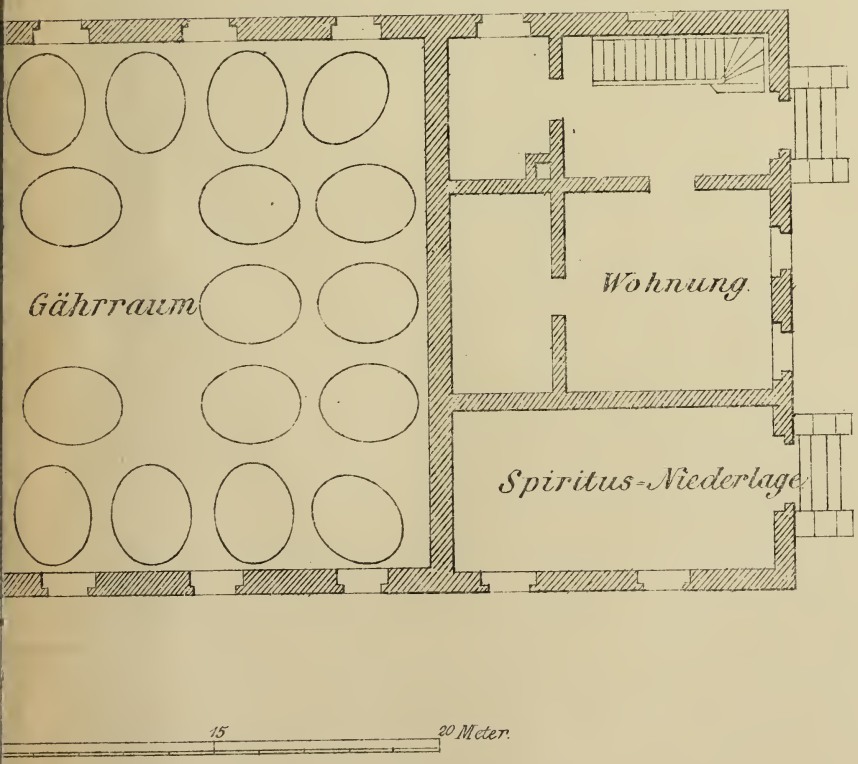
10 15 20 Meter.

W. A Meyn lith.

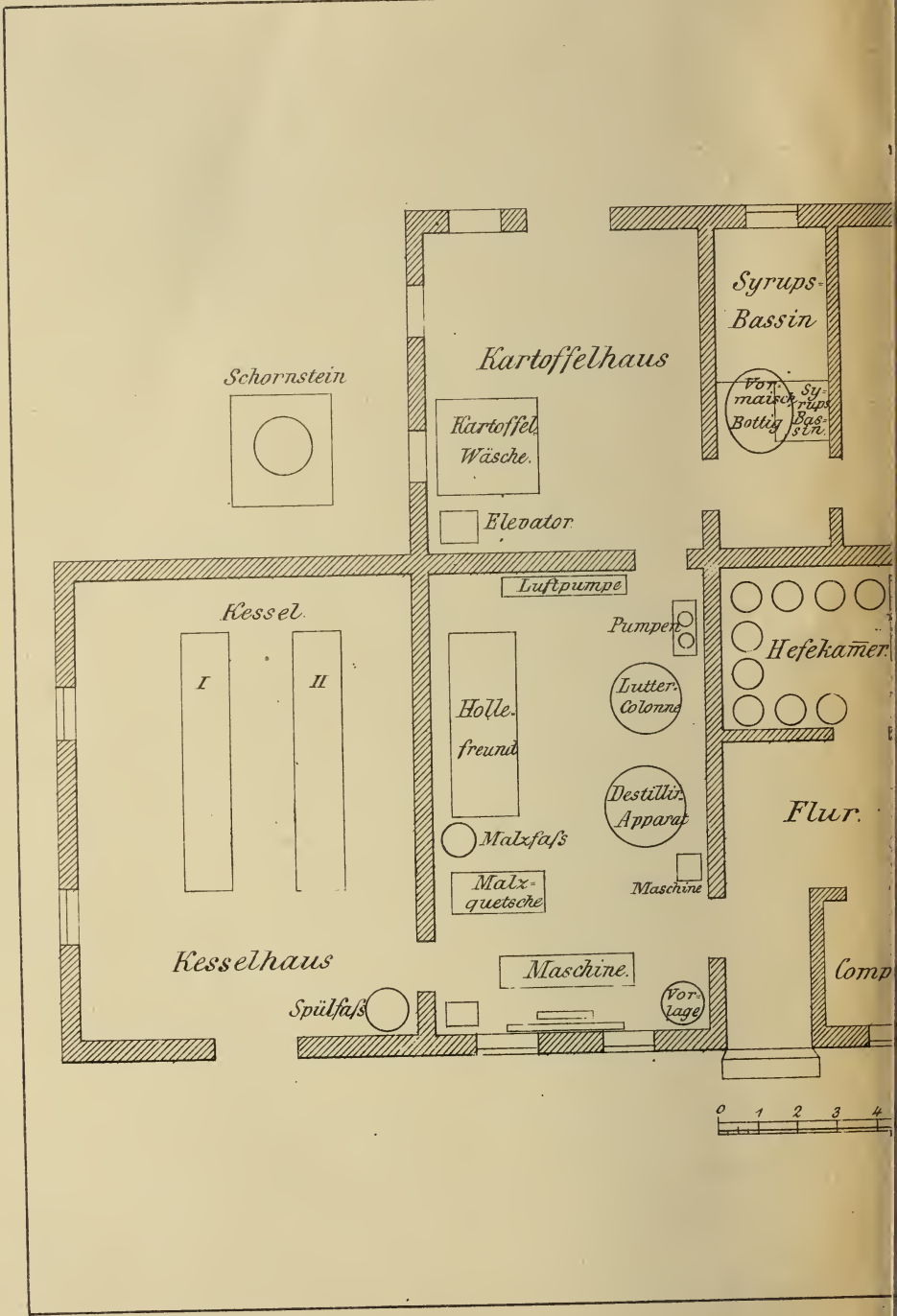


Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

riss der Brennerei in Trotha.



W. A. Meyn lith.

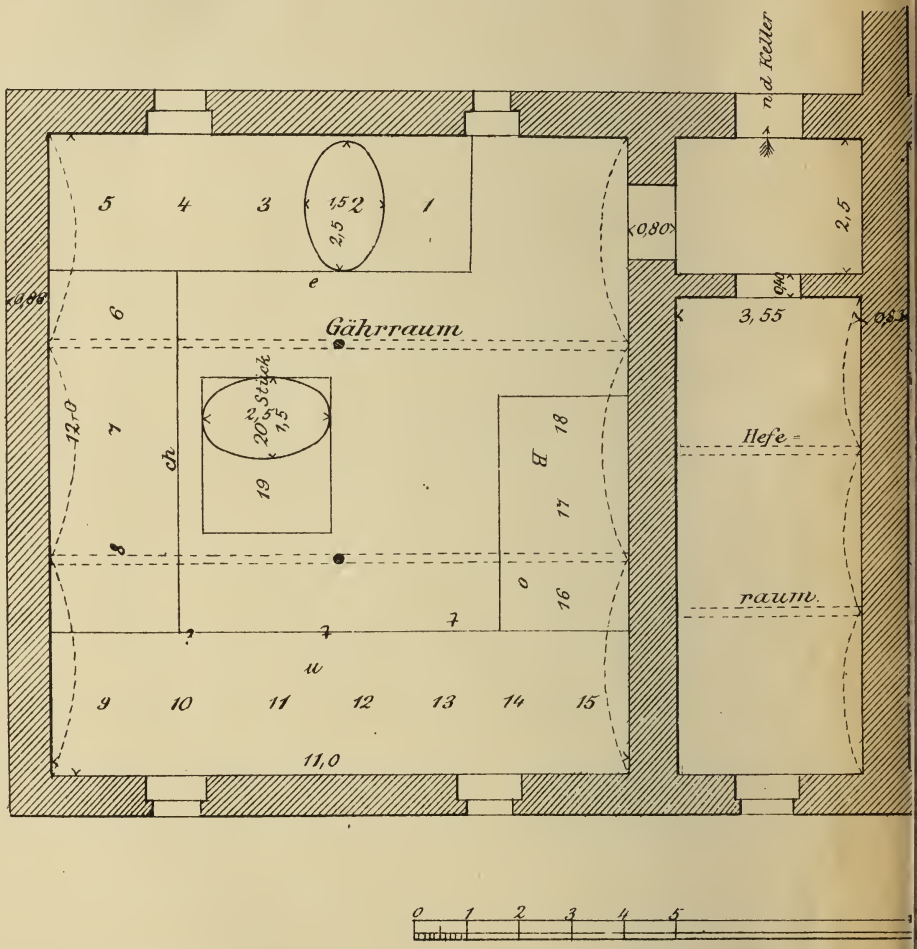


Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

Grundriss
der Brennerei
in Zabitz.
Malzkeller.
Quellbassin.
Wohnung.
Gährraum
Hausflur.
Kellertreppe.
Reser-
voir.
Spiritus-Niederlage.
10
15
20 Meter.

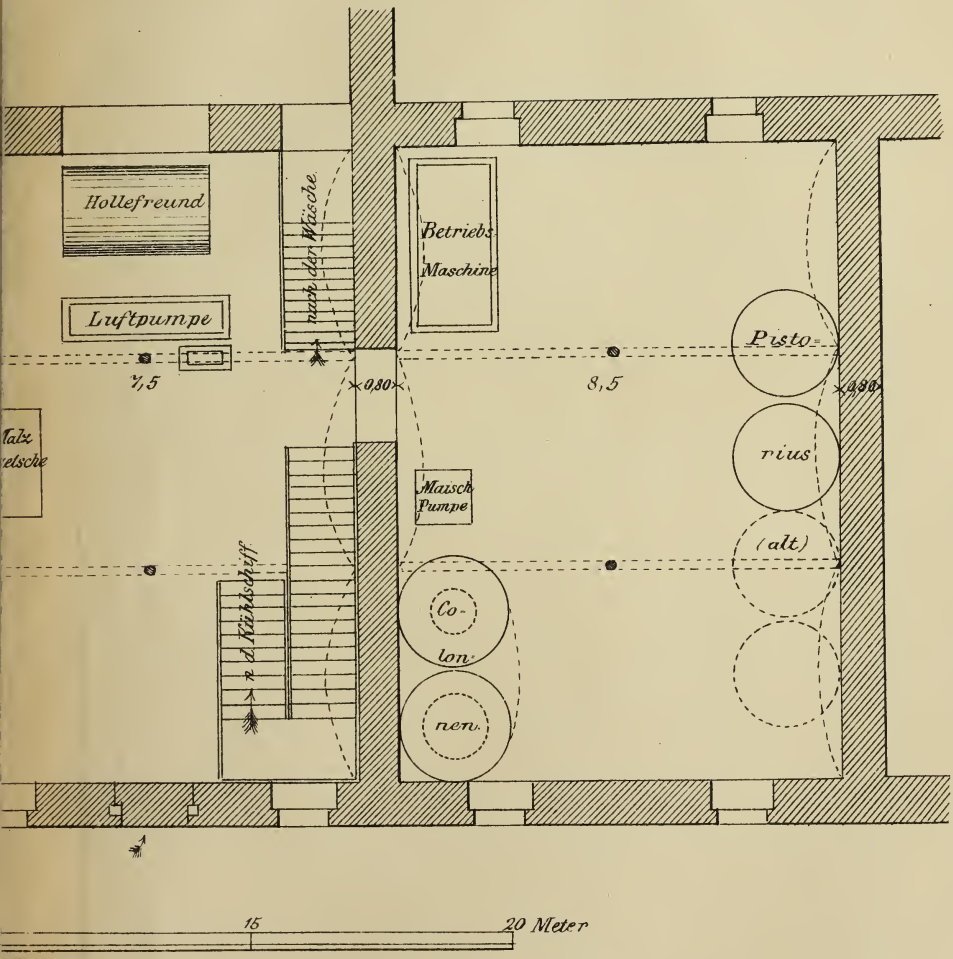
W. A. Meyn lith.

Grundriſs der Br



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

nerei in Salzmünde.



W.A. Meyn lith.

Trockengehalt nach Balling

Trockengehalt nach der Berechnung

Stärkegehalt nach Balling

Stärkegehalt nach der Berechnung

Stärkegehalt nach der Berechnung

Stärkegehalt nach Balling

× Wochenbestimmungen von Abesser.

• Eigene Bestimmungen.

Verlag v Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin

Lith. v W.A Meyn

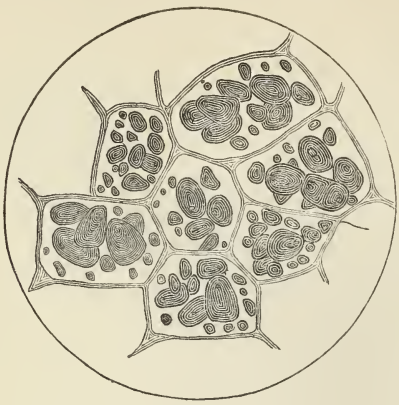


Fig. 1.
Zellen einer frischen Kartoffel mit Stärkemehlkörnern im unaufgequollenen Zustande.

Fig. 2.
Zellen einer Kartoffel, mit Wasser ¼ Stunde gekocht. Stärkemehlkörner, halb gequollen.

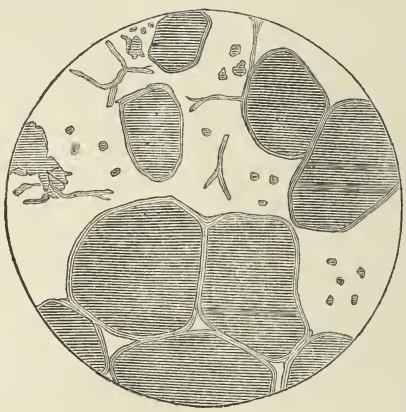


Fig. 3.
Zellen einer Kartoffel, nach altem Verfahren in offenem Faß gedämpft, nach dem Quetschen durch Walzen. Zellen nur zum Theil gesprengt, zum Theil noch an einander hängend.
(Bodenstein-Nedlitz.)

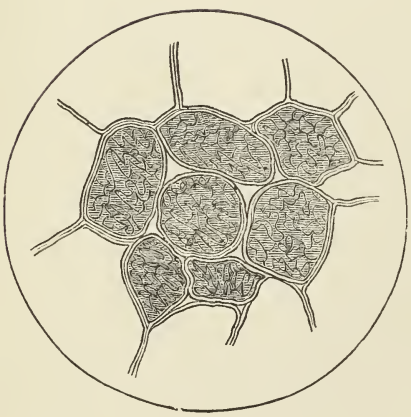


Fig. 4.
Zellen einer Kartoffel, bei 3 Atm. Druck gedämpft. Stärkemehlkörner vollständig gequollen. Zellen nicht gesprengt, noch an einander hängend.
(Sombart-Ermsleben.)

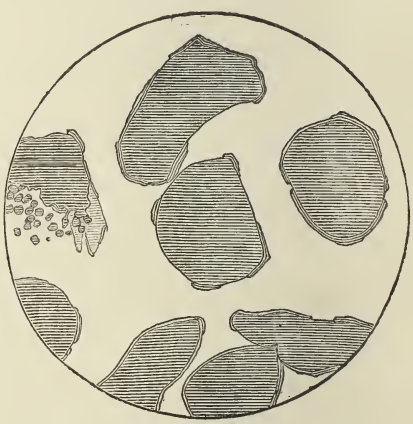


Fig. 5.
Zellen einer Kartoffel (vgl. Fig. 4) bei 3 Atm. Druck gedämpft, nach dem Quetschen durch Walzen, Zellen nicht zersprengt, aber von einander gerissen. (Sombart-Ermsleben.)

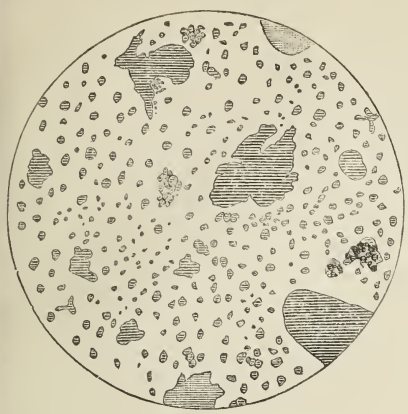


Fig. 6.
ellen von Kartoffeln, im Hollefreund'schen
pparat unter Druck und Rühren gedämpft.
ellen gesprengt, aber noch größere Stärkemehl-
rümmer. Ohne Evacuiren. (Nagel-Trotha.)

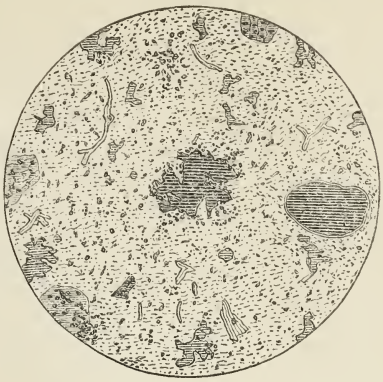


Fig. 7
Zellen von Kartoffeln im Hollefreund'schen Apparat unter Druck und Rühren gedämpft. Zellen gesprengt, sehr feine Stärkemehl-Trümmer. Nach dem Evacuiren. (Nagel-Trotha.)

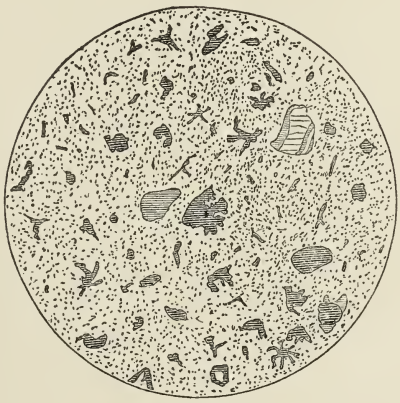


Fig. 8.
Kartoffelmasse nach Hollefreund gedämpft bei schwächerer Vergrößerung. (150fach.)

Fig. 9.
Kartoffelmasse, in einem Dampffaß bei 3 Atm. Druck gedämpft, bei 150facher Vergrößerung.

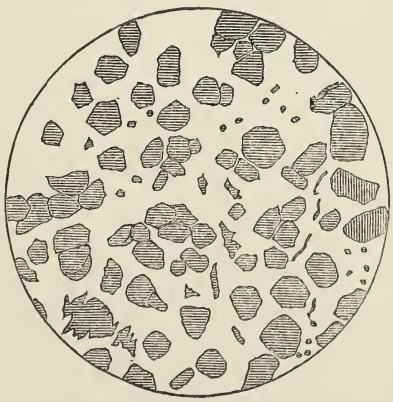
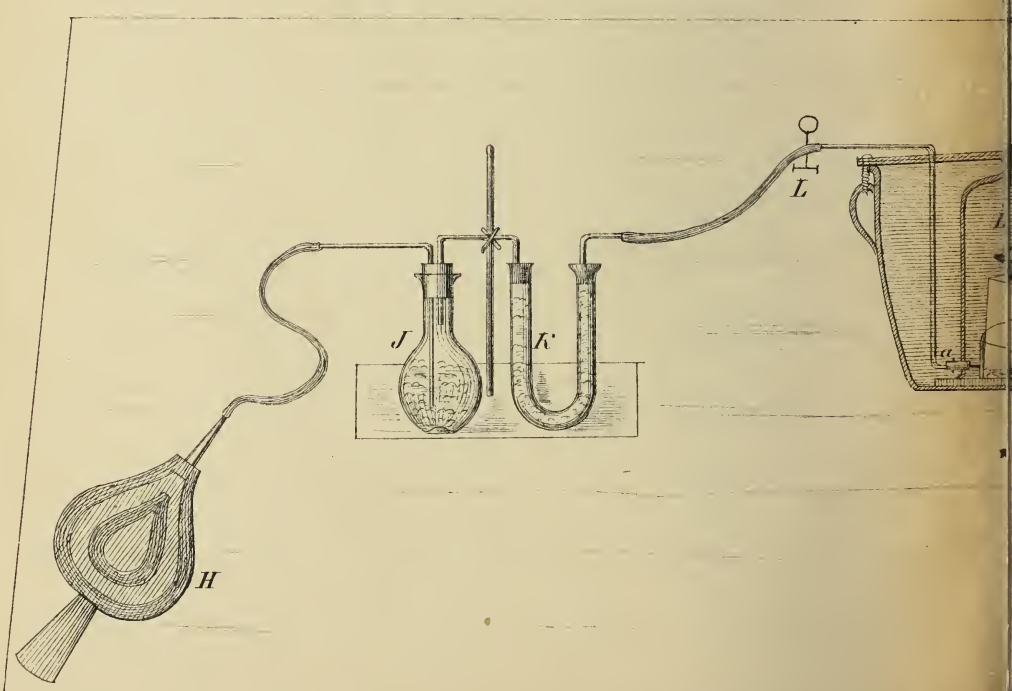


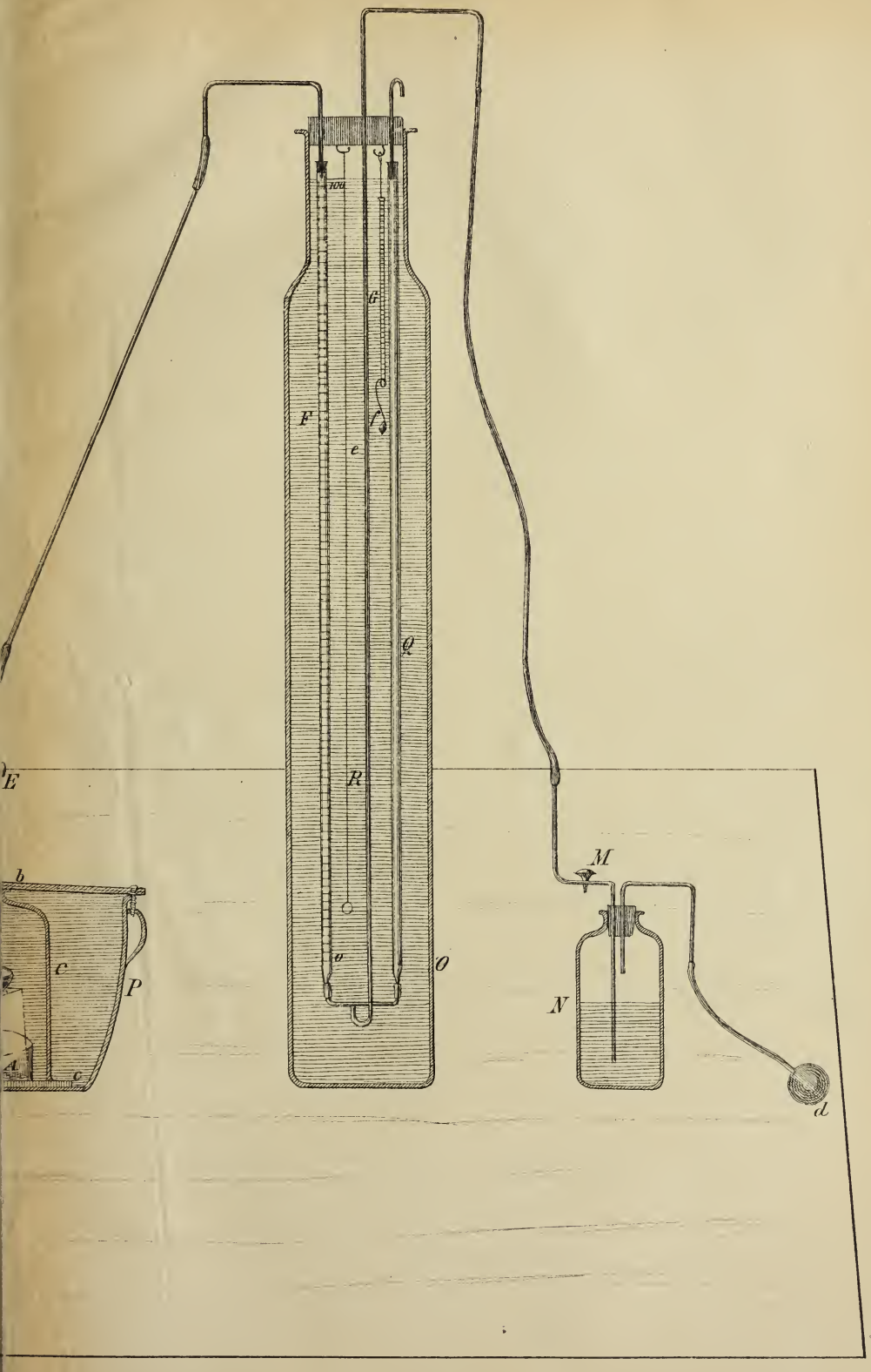
Fig. 10.
Kartoffelmasse ohne Druck gedämpft; nach dem Quetschen der Walzen bei 150facher Vergrößerung.

(Die Vergrößerungen sind meist 400fach.)

PAREY in BERLIN.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.


E
b
c
P
A
c
F
G
f
e
Q
R
O
M
N
d

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 059249414